

Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

katedra fyzické geografie a geoekologie

studijní program: Geografie

studijní obor: Geografie a kartografie



David Kocourek

Geografické aspekty světelného znečištění

Geographic aspects of light pollution

Bakalářská práce

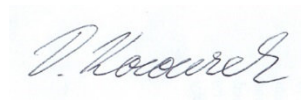
Praha 2014

Vedoucí práce: RNDr. Tomáš Matějček, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, na základě použité literatury uvedené ve zdrojích a dat z vlastnoručně provedeného měření.

V Praze dne 15. května 2014

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'D. Kocourek', is written on a light blue rectangular background.

David Kocourek

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval zejména svému školiteli a vedoucímu práce RNDr. Tomášovi Matějčkovi, Ph.D. za nabídnutí zajímavého a hodnotného tématu, za jeho vstřícnost a ochotu při konzultacích, za poskytnutí vhodných materiálů a mnoho důležitých rad. Dále pak kolegovi Michalovi Kowalskému, který mi dovolil použít jeho velmi zdařilou panoramatickou fotografii noční Prahy, za účelem názorné prezentace světelného znečištění nad Prahou. V neposlední řadě pak své rodině za kritiku a podnětné připomínky k mé práci, za jejich trpělivost a podporu.

Anotace

Cílem této bakalářské práce je představit a komplexně popsat problematiku světelného znečištění, jehož základní faktor – světlo – se stává v poslední době významným a škodlivým polutantem, ohrožujícím životního prostředí člověka i ostatních živočichů. Práce se zabývá fyzikální podstatou světelného znečištění – rozptylem světla na molekulách, dále se zmiňuje o zdrojích světla v současnosti i v minulosti a uvažuje možná řešení, jak tento druh znečištění omezovat. V neposlední řadě se také zabývá negativními vlivy rušivého světla na člověka a přírodu, zmiňuje se o legislativní stránce světelného znečištění a snahách o jeho omezení v ČR i ve světě.

Výzkumná část práce spočívá v měření hodnot jasu oblohy mezi Prahou a Kladnem. Výstupem této části jsou směrové grafy, které dobře demonstrují směr, ze kterého světlo přichází. Dále je uveden graf závislosti jasu oblohy na vzdálenosti od centra Prahy.

Annotation

The aim of this thesis is to introduce and describe comprehensively the issue of light pollution, where the basic factor - light - has become recently a major harmful pollutant, threatening the environment of humans and animals. The work deals with the physical nature of light pollution - light scattering onto molecules, also refers to the light sources in the present and in the past, and considers possible solutions to limit this type of pollution. Finally, it also addresses the negative effects of stray light on man and nature, refers to the legislative of the light pollution and the efforts of its limitations in the Czech Republic and abroad.

The research of this thesis involves the measurement of sky brightness values between two cities, Prague and Kladno. The outputs of this section are directional graphs that clearly demonstrate the direction of the light sources. Below is a graph of the brightness of the sky in accordance to the distance from the city of Prague center.

OBSAH

Seznam obrázků.....	6
Seznam tabulek.....	7
1. ÚVOD.....	8
2. TERMINOLOGIE A FYZIKÁLNÍ ZÁKLADY	9
2.1 Definice světelného znečištění.....	9
2.2 Světlo.....	10
2.3 Podstata světelného znečištění.....	11
2.4 Atmosférická extinkce a otázka jejího vlivu na světelné znečištění.....	13
3. ZDROJE SVĚTLA.....	14
3.1 Přírodní zdroje světla.....	14
3.2 Umělé zdroje světla.....	14
4. VÝVOJ VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ V PRAZE.....	16
4.1 Středověk.....	16
4.2 Olejové svítilny.....	16
4.3 Plynové osvětlení.....	16
4.4 Elektrické osvětlení.....	17
4.5 Současné osvětlení.....	17
5. PŘÍČINY SVĚTELNÉHO ZNEČIŠTĚNÍ.....	21
6. ŘEŠENÍ PROBLÉMU SVĚTELNÉHO ZNEČIŠTĚNÍ.....	23
7. NEGATIVNÍ VLIV SVĚTELNÉHO ZNEČIŠTĚNÍ.....	27
7.1 Vliv na člověka.....	27
7.2 Vliv na zvířata.....	28
7.3 Vliv na rostliny.....	30
8. SNAHA O OCHRANU TMY.....	31
8.1 IDA (International Dark-Sky association).....	31
8.2 Situace v Čechách a na Slovensku.....	32
8.3 Světelné znečištění v legislativě.....	34
9. MAPOVÁNÍ SVĚTELNÉHO ZNEČIŠTĚNÍ.....	36
9.1 Světelné znečištění ve světě.....	36
9.2 Světelné znečištění v Evropě.....	38
9.3 Světelné znečištění v ČR.....	39

10. MĚŘENÍ JASU OBLOHY.....	41
11. VÝZKUMNÁ ČÁST PRÁCE.....	43
11.1 Způsob měření.....	43
11.2 Metodika měření.....	44
11.3 Místa měření – popis a hodnocení.....	45
11.4 Diskuze.....	51
12. ZÁVĚR.....	53
13. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	54
Seznam příloh.....	57

Seznam obrázků

Obr. 1: Spektrum elektromagnetického záření.....	10
Obr. 2: Rozptyl slunečního záření na molekule vzduchu (Rayleighův rozptyl).....	11
Obr. 3: Rozptyl slunečního záření na větších molekulách (prachu, vody, aerosolu).....	11
Obr. 4: Rozptyl světla v ovzduší.....	12
Obr. 5: Grafické znázornění užitečného, neužitečného a rušivého světla.....	15
Obr. 6: Stejná ulice osvětlená vysokotlakými sodíkovými výbojkami a světly LED.....	18
Obr. 7: Poměrné spektrální složení světla vysokotlakých rtuťových výbojek.....	19
Obr. 8: Poměrné spektrální složení světla nízkotlakových sodíkových výbojek.....	19
Obr. 9: Klasický typ pouliční lampy a směrový diagram.....	20
Obr. 10: Příklady špatné a dobré orientace světelných zdrojů.....	21
Obr. 11: Příklad nesměrového (běžného) osvětlení a směrového LED osvětlení.....	23
Obr. 12: Ukázka špatného (nesměrového, necloněného, neekonomického), a dobrého (směrové LED) osvětlení komunikací.....	24
Obr. 13: Příklad správné a špatné orientace reflektoru v areálech expedičních skladů.....	25
Obr. 14: Dvě správné praktiky a jedna špatná při nasvětlení reklamních billboardů.....	26
Obr. 15: Dědičná preadaptace pavouků, stavění sítí do osvětlených míst, někdy i přímo pod světelný zdroj.....	30
Obr. 16: Logo IDA (International Dark-Sky Association).....	31
Obr. 17: Logo a schematické vymezení Jizerské oblasti tmavé oblohy.....	32
Obr. 18: Logo a schematické vymezení Beskydské oblasti tmavé oblohy.....	33
Obr. 19: Mapa parku tmavé oblohy Poloniny.....	33
Obr. 20: Světová mapa světelného znečištění, hodnoty vztažené k hladině moře.....	36
Obr. 21: Mapa Evropy s hodnotami MSA (celkového jasu oblohy).....	37
Obr. 22: Srovnání jasu oblohy v Evropě v roce 2000 a jeho prognóza v roce 2025.....	39

Obr. 23: Mapa Česka s hodnotami MSA (celkového jasu oblohy).....	40
Obr. 24: Dvě shodně orientované fotografie oblohy nad Prahou a) v roce 1977 a b) v roce 2004...	40
Obr. 25: Sky Quality Meter – jasoměr firmy Unihedron.....	42
Obr. 26: Měřicí aparatura s jejími popsány částmi.....	43
Obr. 27: Nákupní centrum Oáza na sídlišti Kročehlavy.....	46
Obr. 28: Průmyslová zóna u Kladna.....	46
Obr. 29: Směrové fotografie z měřícího místa Lidice.....	47
Obr. 30: Letiště Václava Havla – Praha.....	48
Obr. 31: Pohled z Divoké Šárky na Prahu.....	49
Obr. 32: Rudolfinum osvětlené velmi silným reflektorem.....	50

Seznam tabulek:

Tab. 1: Porovnání současných světelných zdrojů.....	18
Tab. 2: převod jednotek [mag/arcsec ²] na [cd/m ²].....	42

1. ÚVOD

V posledních desetiletích člověk svou činností významně narušuje životní prostředí a přeměňuje ho „k obrazu svému“, avšak ne vždy zcela vhodně a k jeho vlastnímu prospěchu. Většina společnosti vyspělého západního světa je již dobře srozuměna s devastací životního prostředí nevhodnými způsoby, jakými jsou např. neekologické, nešetrné a mnohdy přímo surové drancování nerostných surovin, exhalace škodlivých emisí síry, jedovatých a často karcinogenních sloučenin uhlíku, stejně tak jako emise dusičnanů, pocházejících z výfukových plynů automobilů. V kontrastu k tomu je stále otázkou, jak moc je vyspělá lidská společnost ochotna problémy spojené s permanentním znečišťováním a devastací svého životního prostředí řešit a předcházet jim.

Kromě výše zmíněných lidských zásahů do životního prostředí existují také takové zásahy člověka, které nejsou na první pohled patrné. Jedním z takovýchto skrytých, a přesto ekologicky velmi významných problémů, který si zatím lidstvo příliš neuvědomuje a který každým rokem narůstá na intenzitě, je problematika světelného znečištění. Tento problém reálně ohrožuje stále více lidí a zasahuje geograficky stále více míst na planetě. Pro některé lidi je ovšem poměrně obtížné brát tento druh znečištění v úvahu, protože mnozí mají pojem „znečištění“ spojený s určitou zdraví nebezpečnou látkou, která zůstává v prostoru i po odstranění jejího zdroje. Kdybychom světelné znečištění chtěli odstranit, nebylo by to až tak těžké, pokud bychom byli ochotni přes noc nesvítit. I přesto, že světelné znečištění si většina populace neuvědomuje, poměrně významně dokáže působit a ohrožovat životy a chování lidí i zvířat. Ve svém konečném důsledku může ohrozit stabilitu celých ekosystémů. Jeho dosah je obrovský a má následky jak v přírodní, tak i sociální a ekonomické sféře. Světelné znečištění ovlivňuje život prakticky v celém vyspělém světě a není zatím nijak účinně řešeno nebo regulováno; stává se tak významným environmentálním problémem současného světa (Matějček 2012).

Tato bakalářská práce se snaží teoreticky přiblížit princip světelného znečištění (světelného smogu), snaží se vysvětlit nežádoucí vlivy světelného znečištění a nastínit možnosti, jak by se dalo tomuto jevu předejít. Ve výzkumné části srovnává na základě měření jasů noční oblohy hodnoty světelného znečištění v transektu Praha – Kladno a snaží se popsat závislost mezi možnými zdroji záře na Zemi s naměřenými hodnotami jasů noční oblohy.

2. TERMINOLOGIE A FYZIKÁLNÍ ZÁKLADY

2.1 Definice světelného znečištění

Definice světelného znečištění je mnoho, např. v celosvětově známé Encyklopedii Britannica je termín „světelné znečištění“ vymezen jako *„Nadměrné nebo nežádoucí osvětlení, které stejně jako hlukové znečištění je forma plýtvání energie, které může způsobit nežádoucí účinky a snížit kvalitu životního prostředí.“* (online cit. Encyklopedia Britannica) [1]

Astronomický ústav AV České republiky definuje světelné znečištění jako *„důsledek ne hospodárného nakládání se světlem, které ruší přirozenou noční tmou a biorytmy všech živých organismů, včetně člověka, které tmou potřebují k efektivnímu spánku. Osvětluje oblohu na desítky kilometrů daleko a je tudíž svízelným problémem i pro všechny profesionální i laické pozorovatele noční oblohy.“* (online cit. AÚ AV ČR, v.v.i.) [2]

Světelným znečištěním se tedy rozumí v širším smyslu jakékoli umělé, nepřirozené světlo. V užším smyslu můžeme za světelné znečištění považovat jen nadbytečné a rušivé světlo, které září nepřiměřeně potřebám nebo které osvětluje nepotřebná nebo dokonce nežádoucí místa. Ve svých důsledcích může například rušit lidi při spánku. Bližší definice pojmů *užitečné, neužitečné* a *rušivé světlo* je probráno v 3. kapitole „Umělé zdroje světla“.

Ovšem i termín „světelné znečištění“ sám o sobě, je poměrně komplikovaný a diskutabilní pro označení umělé světelné záře nad lidskými sídly a nad místy se zvýšenou lidskou aktivitou (např. tovární komplexy, ropné plošiny). Přesto je poměrně často užívaný jak laickou veřejností, tak většinou odborníků. Nicméně podle některých autorů je z odborného hlediska v kontextu se světlem pojem „znečištění“ poněkud matoucí, protože světlo spíše napomáhá indikovat nečistoty ve vzduchu, ale samo o sobě nic neznečišťuje. Pro odbornou diskuzi by se tedy podle některých odborníků měl spíše používat poněkud méně zavádějící termín „rušivé světlo“. Na slovenské Mezinárodní konferenci SVETLO 2005 došlo dokonce k definitivnímu zamítnutí termínu „světelné znečištění“ následujícím vysvětlením: *„Nutnou podmínkou pro to, aby bylo něco znečištěno je, že to zůstane znečištěno i tehdy, když to přestane být znečišťováno. Znečišťující je špinavá voda vypouštěná do bazénu. Voda v bazénu zůstává znečištěna i potom, kdy se do bazénu přestane vpouštět ta špinavá. Špinavá voda je polutant.“* (online cit. DarkSky) [3]. Výsledkem konference byl závěr, že *„Světlo není polutant a termín „světelné znečištění“ je chybný.“* (online cit. DarkSky) [3].

Nicméně jiní vědci, např. Hollan (2004) ve výzkumném projektu mapování světelného znečištění na území ČR uvádí, že pojmem „znečištění“ se rozumí veškeré narušení přirozeného stavu prostředí. A protože je v noci logicky přirozeně tma, světlo by mělo být považováno za znečištění. *„O světelném znečištění lze hovořit tehdy, kdy je právě světlo polutantem, látkou v prostředí cizorodou, nepatřičnou, nadbytečnou... ...V noci se uměle přidané světlo stává nejnápadnějším a mnohdy i*

nejškodlivějším polutantem, který narušuje základní vlastnost noci, totiž absenci silného světla.“ (Hollan 2004, s. 20) A tím tedy dochází k závěru, že „*jakékoli antropogenní svícení v noci venku je nutně znečišťování*“ (Hollan 2004, s. 20), neboť narušuje přirozený stav přírody.

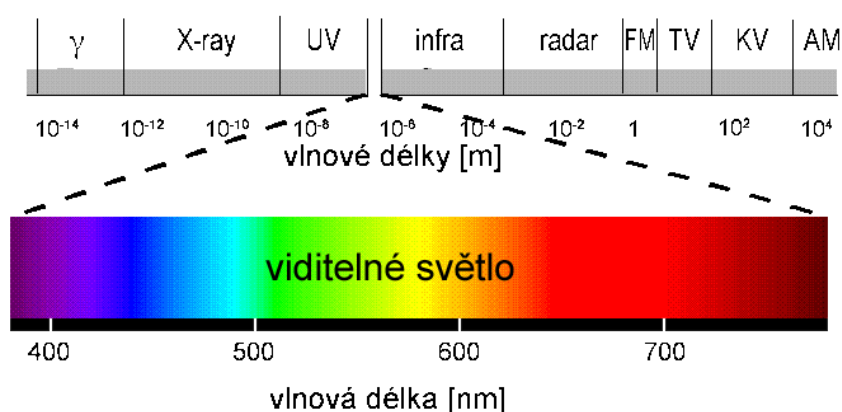
Osobně si myslím, že termín světelné znečištění je správný a vhodný pro používání. Pojem „světelné znečištění“ je i v cizině jako „light pollution“ všeobecně známý. V práci budu používat termíny jak „světelné znečištění“, tak „rušivé světlo“, i když v podstatě se dá říct, že jde o ekvivalenty, neboť umělé rušivé světlo musí být znečištěním.

Termín „světelné znečištění“ znala do roku 2012 i česká legislativa. O vývoji definice pojmu v zákonech bude pojednáno v kapitole 8.2 „Světelné znečištění v legislativě“.

2.2 Světlo

Fyzika popisuje světlo jako elektromagnetické vlny, které mají tzv. dualistický charakter. To znamená, že se chovají jako vlny i částice zároveň. Na to přišli nezávisle na sobě Christian Huighens, který tvrdil, že světlo je podélné vlnění, a Izac Newton, který považoval světlo za tok částic. Dnes se připouští obě teorie, s tím, že vlnový charakter převládá u záření s delší vlnovou délkou a korpuskulární charakter je výrazný u záření s kratší vlnovou délkou (online cit. Světlo) [4].

Jako viditelné světlo definujeme elektromagnetické záření o vlnových délkách zhruba od 390 do 790 nm. Složením všech jeho spektrálních složek vnímáme světlo jako bílé. Na obrázku na levé straně od viditelného světla se nachází ultrafialová část elektromagnetického záření (UV) – s kratší vlnovou délkou, na pravé části infračervená část záření (teplo) – s delší vlnovou délkou. Na tyto druhy záření již není lidské oko citlivé.

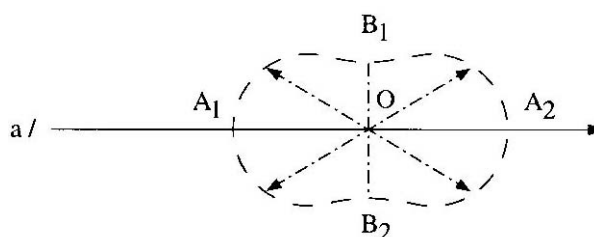


Obr. 1: Spektrum elektromagnetického záření
Zdroj: www.czechsolar.cz

2.3 Podstata světelného znečištění

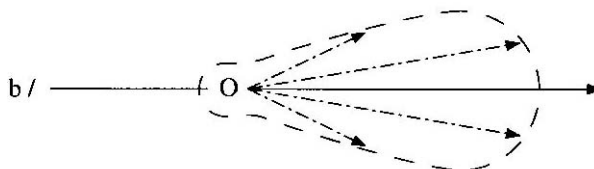
Fyzikální podstatou světelného znečištění je rozptyl světelného záření na částicích ve vzduchu. Kdyby byl okolní vzduch v atmosféře dokonale čistý, rozptyl světla na cizorodých nevzduchových molekulách (rozptyl 2 – viz dále) by nemohl nastat. Rozptyl světla můžeme podle Kopáčka (2005) rozdělit na dva druhy:

1) Rozptyl na molekulách vzduchu, zvaný též Rayleighův. Jeho účinnost je silnější u spektrálních barev s kratší vlnovou délkou viditelného spektra (modrá a fialová), neboť „účinnost je úměrná čtvrté mocnině převrácené hodnoty vlnové délky rozptylovaného záření“ (Bednář 2005, s. 47). V přírodě se s jeho působením setkáváme každý den – díky němu má obloha modrou barvu. Rozptýlení světla při Rayleighově rozptylu je poměrně rovnoměrné do všech stran od exponované částice (viz obr. 2).



Obr. 2: Rozptyl slunečního záření na molekule vzduchu (Rayleighův rozptyl)
Zdroj: Bednář (2005)

2) Rozptyl na větších částicích (na vodních kapičkách, aerosolech a prachových částicích) – Mieův rozptyl. Jedná se o rozptyl, který způsobuje světlo o všech vlnových délkách stejně intenzivně (Kopáček 2005). Díky tomuto druhu rozptylu vnímáme oblaka bíle zbavená, neboť světlo se v tomto případě odráží na kapičkách vody, které oblaka tvoří. Rozptyl světla do prostoru od exponované částice není rovnoměrný jako u Rayleighova rozptylu; naprostá většina záření pokračuje dále ve směru od zdroje záření (viz obr. 3).



Obr. 3: Rozptyl slunečního záření na větších molekulách (prachu, vody, aerosolu)
Zdroj: Bednář (2005)

Světelné znečištění vnímané živočichy je světlo, které se odráží od částic ve vzduchu dolů, zpátky k zemi. Právě toto světlo zvyšuje jas oblohy z pohledu pozemského pozorovatele. Světlo, které pokračuje směrem nahoru do atmosféry, nebereme při monitorování světelného znečištění v potaz. Jak již bylo zmíněno, v případě Mieova rozptylu se toto světlo emitované do vzduchu rozptyluje převážně

dále, vzhůru od země, a zpátky k zemi se ho vrátí zhruba jen jedna desetina. Světlo emitované v horizontálním směru blízko k obzoru se rozptýlí prakticky všechno, polovina směrem nahoru, polovina směrem k zemi. Pro úhrnné zvýšení jasu oblohy je tudíž světlo směřující horizontálně (zhruba do 10° úhlové výšky) asi pětikrát škodlivější, než světlo směřující vzhůru. Právě toto světlo, které je emitováno do prostoru z osvětlených míst pod malým úhlem výrazně ovlivňuje jas oblohy i v dalekém okolí, kde žádný zdroj světla není (Hollan 2004).

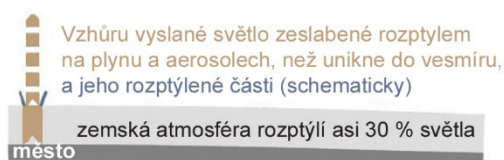
Světlo ale nejde do vzdušného prostoru pouze přímo od zdroje. Ve městech se nachází velké množství odrazných ploch, od asfaltových silnic přes omítnuté zdi domů, až po kovové a skleněné obklady budov. Od všech těchto míst se světlo v určité míře odráží. (Velký vliv má i spektrum, ve kterém světelný zdroj vyzařuje světlo, a barva a struktura odrazných povrchů.) Nižší albedo (odraznost) mají například asfaltové plochy a vegetace, naopak nejvyšší odraznost má beton, kamenné a prašné povrchy (Hollan 2004).

Proč je noční nebe nad městem i daleko od něj stále světlé?

Když jde světlo z lamp či osvětlených ploch směrem:

90° vzhůru

30 % se rozptýlí,
z toho 28 % dolů
dolů se vrátí 8 % světla



Souhrn světla rozptýleného ovzduším
a jeho skutečné směry
(většinou podobné směru původnímu)

15° nahoru

76 % se rozptýlí,
z toho 40 % dolů
dolů se vrátí 31 % světla



5° nahoru

97 % se rozptýlí,
z toho 45 % dolů
dolů se vrátí 45 % světla



Obr. 4: „Rozptyl světla v ovzduší. Hnědě jsou vyznačeny antropogenní emise, modře podíl, který se rozptýlí v ovzduší. V prostřední části je schematicky znázorněn rozptyl: na každou tloušťku atmosféry se rozptýlí dvakrát patnáct procent ze světelného toku, sedmdesát procent pokračuje původním směrem. V pravé části obrázek znázorňuje směry a relativní podíly rozptýleného světla.“

Zdroj: Hollan (2004)

2.4 Atmosférická extinkce a otázka jejího vlivu na světelné znečištění

V souvislosti s přesvětlením oblohy a rozptylem světla považuji za důležité zmínit pojem atmosférická extinkce. Jedná se o jev, kdy z povrchu Země vidíme zářící vesmírné objekty (hvězdy, komety) a vesmírné objekty světlo odrážející (Měsíc, planety), nacházející se mimo atmosféru Země, méně jasné, než ve skutečnosti jsou. Je to způsobeno vlivem pohlcování a rozptylu světla procházejícího skrz atmosféru. Míra tohoto jevu závisí na aktuálním stavu atmosféry, daném např. prachovým znečištěním, smogovými částicemi, kapičkami vody aj. a na délce dráhy přicházejícího paprsku světla (online cit. Světlo) [5]. Je zřejmé, že atmosféra zkresluje intenzitu jasu vesmírných těles. Jak moc k tomu přispívá světelné znečištění, je otázkou. Na tuto skutečnost, že je možné pozorovat stále méně vesmírných objektů, upozornili jako první astronomové (Hollan 2004), kteří měli problém v blízkosti obydlených oblastí nerušeně pozorovat noční oblohu v celé své kráse (teoreticky se dá pozorovat z jednoho místa až 3 000 hvězd). Tím v podstatě „odhalili“ další znečišťující element – světlo.

Vyvstala ovšem otázka, zda je nemožnost vidět málo jasné hvězdy způsobena snižováním průhlednosti atmosféry Země (např. emisemi průmyslových látek vypouštěných do ovzduší), či zda je důležitějším faktorem nárůst zdrojů umělého světla, svítících během noci. Tedy například přibývajících počet lamp pro osvětlení chodníků a komunikací, osvětlených reklamních ploch, estetické nasvícení památek či výloh obchodních domů.

Měřením úrovně extinkce se zabýval v rámci projektu *„Mapování světelného znečištění a negativní vlivy osvětlování umělým světlem na živou přírodu na území České republiky“* doc. RNDr. Zdeněk Mikulášek, CSc., který srovnával atmosférickou extinkci mezi lety 1970 a 1995 na dvou odlehlých pracovištích – observatoři na Kraví hoře v Brně a observatoři na Skalnatém plese ve Vysokých Tatrách. Výzkumem se zjistilo, že v brněnském okolí je extinkce způsobená prachovými částicemi téměř 2x větší než na observatoři na Skalnatém plese, což je způsobeno rozdílem nadmořských výšek pozorovatelů. Nicméně za posledních několik desítek let nebylo zjištěno u žádného z pozorovacích stanovišť prokazatelné zvýšení koncentrace opticky aktivních aerosolů (Mikulášek 2004). Také se ukázalo, že částice, které můžeme považovat za opticky aktivní, jsou částice převážně neantropogenního původu; jedná se o obyčejný prach, který se eolicky dostane do vzduchu. Díky tomuto výzkumu dospěl k závěru, že *„veškeré změny jasu noční oblohy je nutno přičíst změnám úrovně umělého osvětlení“* (Mikulášek 2004, s. 203). Tímto bylo tedy jasně prokázáno, že zvýšení jasu noční oblohy je způsobené přibývajícími světelnými zdroji, nikoli zvyšováním množství antropogenně produkovaných částic ve vzduchu.

3. ZDROJE SVĚTLA

3.1 Přírozené zdroje světla

V dobách minulých byli předci člověka odkázáni pouze na přírozené (přírodní) zdroje světla. Hlavním zdrojem bylo a je samozřejmě Slunce, které svítí přes den. V noci je nejjasnějším objektem na obloze Měsíc, který slouží jako odražeč pro sluneční světlo. Dále jsou přírozeným zdrojem světla na noční obloze hvězdy, z nichž nejjasnější jsou (kromě Slunce) Sirius, Canopus, Arctulus a Alfa Centauri nebo ve vyšších zeměpisných šířkách polární záře. Dalším přírozeným zdrojem světla mohl být oheň, který jako náhodná disturbance byl založen bleskem. Žádné jiné zdroje světla nebyly v počátečních dobách vývoje lidského druhu běžné. A právě díky přírozenému střídání světla ve dne a tmy v noci došlo k uzpůsobení přírodních tzv. cirkadiálních hodin, které mají důležitý vliv na správný vývoj organismu, jeho růst, chování a metabolické pochody (Dunlap 1999).

Teprve zhruba před 1,8 miliony let se naučil předek člověka homo erectus udržovat oheň, který mu sloužil jednak k vyhřívání obydlí, a jednak k úpravě pokrmů (Podborský 1997). V tomto případě už mohl být oheň udržován dlouho do noci a prvně tak mohl narušovat přírodní biorytmus. Nicméně tehdy ještě samozřejmě žádný vliv na jas noční oblohy neměl a jeho vliv na noční prostředí byl velmi omezený.

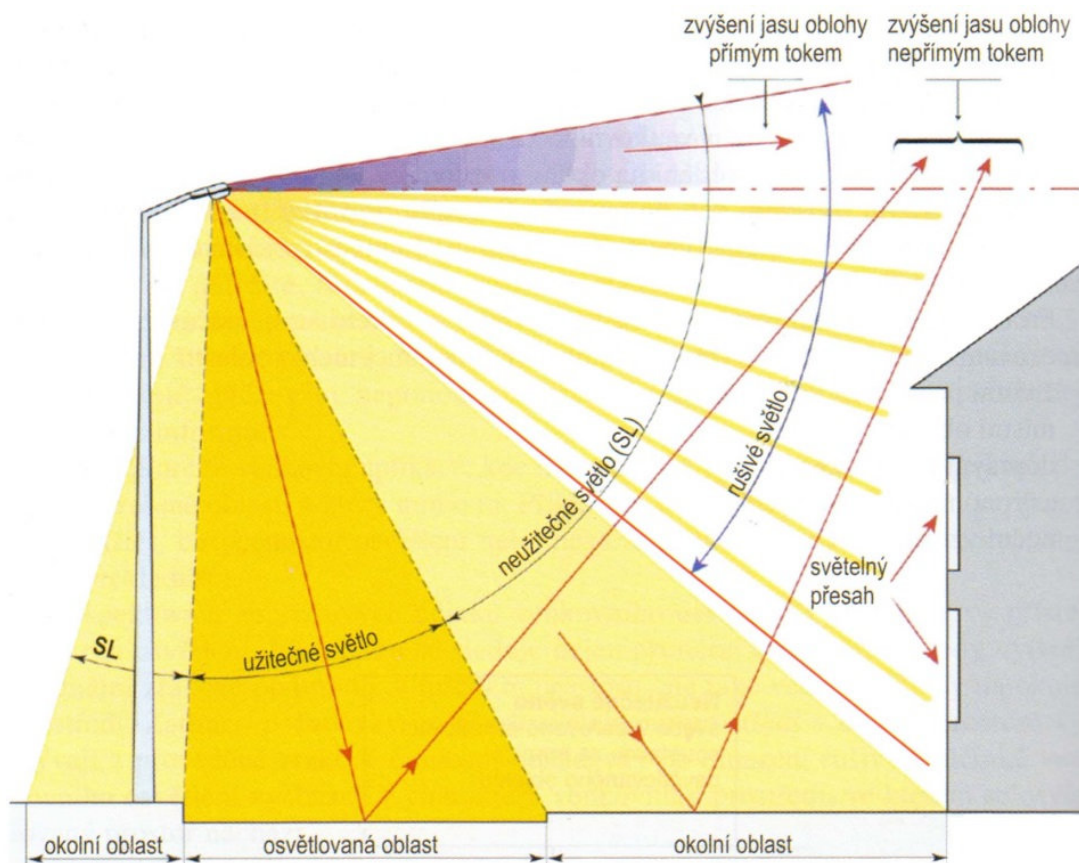
3.2 Umělé zdroje světla

Umělé zdroje světla jsou všechny antropogenně vytvořené světelné zdroje, které se používají pro osvětlování venkovních nebo vnitřních prostor. Do těchto zdrojů patří všechny typy lamp, svítidla, reflektory, výbojky. V zájmu člověka by mělo být umělé světlo co nejvíce přizpůsobit jeho potřebám a docílit co nejvyšší efektivity. To znamená, aby svítlo přiměřeně silně a jeho světelný tok dopadal jen na úzce vymezenou požadovanou plochu. Světlo z umělých zdrojů můžeme rozlišit podle CIE (International commission on illumination) dle účelnosti na tři druhy: užitečné světlo, neužitečné světlo a rušivé světlo.

Užitečné světlo (useful light) – Jedná se o umělé světelné záření, které dopadá na určitou vymezenou plochu, která má být osvětlená. Může se jednat o chodník, komunikaci, sportoviště, atd. Ovšem i toto užitečné světlo se od povrchu odráží a může působit rušivě (Habel 2013). Jeho vliv se můžeme snažit regulovat, např. sestavením rozvrhu, v jakých hodinách se svítit bude a v jakých ne.

Neužitečné světlo (spill light) – Všechno světlo, produkované umělým zářičem, které se dostane za požadovaně osvětlovanou plochu, čili na místa, kde už osvětlení není žádoucí. Např. osvětlení zeleně vedle chodníku.

Rušivé světlo (obtrusive light) – Jakékoli umělé světlo, které obtěžuje, rozptyluje, oslepuje a znemožňuje člověku nerušeně pozorovat okolí, případně může narušovat spánek, pokud svítí do ložnice, atd.



Obr. 5: Grafické znázornění užitečného, neužitečného a rušivého světla
Zdroj: Habel (2013)

4. VÝVOJ VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ V PRAZE

4.1 Středověk

Postupem času začalo být umělé osvětlení nedílnou součástí lidské společnosti. Zavádělo se převážně ve větších městech a vesnicích, kde mělo primárně sloužit k zajištění nočního bezpečí na jinak často velmi temných ulicích. V Praze lze podle Monzera (2003) nazvat nejstarší období veřejného osvětlování tzv. obdobím přenosných světel, protože se hojně používaly pochodně a lucerny, které mohly být zavěšeny na dřevcích. Osvětlovaly například doprovod jezdců na koních, případně se mohly nosit samostatně v ruce nebo se zavěšovaly nad průjezdy. Zdrojem paliva byly většinou živočišné tuky nebo dřevo nasáklé mízou. Velmi oblíbeným zdrojem světla byly také louče, které se získávaly z borovicového dříví. Louče vydržela hořet maximálně 10 minut, ale v českých zemích se pro její efektivitu a dobrou dostupnost využívala až do konce 19. století (Monzer 2003).

4.2 Olejové svítlny

Během novověku docházelo k objevu mnoha významných fyzikálních poznatků a teorií o světle. A také nadále rostla potřeba osvětlit temné ulice ve stále se rozrůstajících městech. V roce 1723 došlo k osvětlení ulic tzv. Královské cesty, která vedla od Pražské brány u dnešního náměstí Republiky, přes Staroměstské náměstí, Karlův most a Malou Stranu na Pražský hrad. Po celé její délce bylo vztyčeno 121 olejových svítilen, které byly rozsvěcovány každý den. Olejové svítlny byly postupně upravovány a vylepšovány (úpravou krytu, přidáním odváděcího komínu, změnou tvaru knotu) (Monzer 2003). Všechny tyto úpravy měly za cíl zvýšit světelný tok, prodloužit životnost nebo zlepšit komfort obsluhy.

4.3 Plynové osvětlení

V prvních desetiletích 19. století započal v Evropě a v USA rozmach svítilen napájených svítiplynem. Vůbec prvním městem na světě se zavedeným plynovým veřejným osvětlením byla Philadelphia v roce 1803 (Monzer 2003). V Praze se ovšem začalo svítit plynem až v roce 1847. Lucerny byly umístěny na litinových na stojácích, které byly od sebe vzdáleny 25 – 40 metrů. Plyn byl přiváděn z první soukromé plynárny v pražském Karlíně, uvedené do provozu v roce 1847. Nutno ovšem zdůraznit, že plynové svítlny byly instalovány pouze na hlavních náměstích a ulicích, zejména pro jejich značnou finanční náročnost. Ve vedlejších ulicích se ještě dalších 20 let používaly olejové lampy (Monzer 2003).

Velice zajímavý v souladu s problematikou světelného znečištění je článek v dobovém tisku, který předkládá argumenty odpůrců plynových lamp a který by se velmi dobře dal aplikovat i po více než 160 letech na současné osvětlení pražských ulic.

„Plynové osvětlení není žádoucí, jako zásah do božího řádu. Podle toho je v noci tma, kterou přerušuje v jistých údobích jen měsíční světlo. Proti tomu se nesmíme vzpouzeti, světový řád opravovati a noc měniti v den“ (dobový tisk, cit. v Monzer 2003, s. 46).

Co by si asi tehdejší autor článku pomyslel, kdyby viděl současné lidské zásahy do „božího řádu věcí“? Nemluvě o dnešních halogenových a zářivkových lampách, které poskytují několikanásobně větší záři, než staré plynové lucerny.

Plynové osvětlení nicméně s příchodem elektrických obloukovek a žárovek nezaniklo. Až do roku 1940 naopak počet plynových lamp narůstal, až dosáhl konečného počtu 9 362 svítilen. (Monzer 2003).

4.4 Elektrické osvětlení

Již v prvních desetiletích 19. století se přišlo na to, že elektrický proud procházející drátem ho dokáže rozzářit a ten pak svítí. Pro veřejné osvětlení byl využit také vynález tzv. obloukové lampy. První lampy tohoto druhu, zdokonalené Ing. Františkem Křižíkem, zazářily v Praze v roce 1881. Nicméně první trvalé venkovní elektrické osvětlení bylo realizováno až o sedm let později v Karlíně, kde byly lampy uchyceny na osmnácti metrových dřevěných sloupech. Kromě obloukovek se začaly používat také žárovky, které byly instalovány do vedlejších ulic nebo jako doplněk k obloukovým lampám, když zhasly. K rozsáhlejší elektrifikaci osvětlení v Praze došlo roku 1894, kdy bylo instalováno do její centrální části kolem Václavského náměstí (Monzer 2003).

V roce 1938 se v Praze poprvé použily nízkotlaké sodíkové výbojky vyvinuté firmou Philips, pro které bylo typické žluté monochromatické světlo. V počátcích 50. let začaly být žárovky nahrazovány mnohem úspornějšími lineárními zářivkami. Úspora energie tohoto opatření byla značná, zhruba 80 %, neboť jedna 40W zářivka vyprodukovala stejně světla jako 200W žárovka. V roce 1974 došlo k osvětlení Staroměstského náměstí vysokotlakými sodíkovými výbojkami na vysokých stožárech. V roce 1978 byly instalovány halogenidové výbojky do lamp na Václavském náměstí (Monzer 2003).

4.5 Současné osvětlení

V současnosti na mnoha místech přetrvávají světla z druhé poloviny 20. století, ovšem na mnoha místech přibývají světla nová, například velmi moderní a úsporné LED osvětlení. Nicméně v současné době je u nás stále nejrozšířenější vysokotlaká sodíková výbojka se světelnou účinností 70–130 lm/W. Svítidla osazená tímto typem výbojky produkují známé oranžové světlo, silně zkreslující barvy. Dalším typem je halogenidová výbojka s účinností 80–90 lm/W. Její světelná efektivita tedy není tak velká jako u předešlého typu, vydává ale přirozené bílé světlo. V některých starších svítilnách se můžeme ještě dnes setkat s rtuťovou výbojkou o účinnosti 40–60 lm/W. V současnosti se do nových lamp již neosazuje kvůli nízké účinnosti a krátké životnosti; má charakteristické modrozelené světlo (Habel 2013).

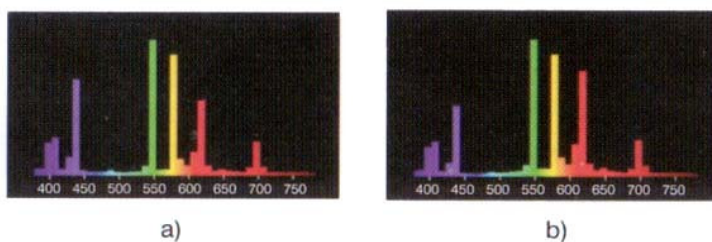


Obr. 6: Stejná ulice osvětlená vysokotlakými sodíkovými výbojkami a světly LED
Zdroj: www.wrtl.co.uk/i-am-looking-for/case-studies/middlesborough

Parametr		Světelný zdroj				
		Kompaktní zářivka	Rtutová výbojka	Vysokotlaká sodíková výbojka	Halogenidová výbojka	Světelná dioda
Obvyklé označení		TC-L	HQL, RVE	HST, HSE	HIT, HIE	HP LED, COB LED
Příkon	P (W)	36–80	50–400	50–250	35–250	1–180
Světelný tok	Φ (lm)	2 900–6 500	1 900–22 000	4 000–33 000	4 700–25 000	100–18 000
Měrný výkon	η (lm/W)	80	37–57	75–130	80–100	100–150
Doba života, výpadek 10%	$t_{0,90\%}$ (h)	13 000	12 000	10 000–22 000	4 000–12 000	x*)
Doba života, výpadek 50%	$t_{0,50\%}$ (h)	20 000	16 000	25 000–35 000	11 000–21 000	x
Pokles Φ po 10 000 h	z_z (–)	0,85–0,97	0,8–0,99	0,8–0,95	0,55–0,80	0,95–0,99
Teplota chromatičnosti	T_c (K)	2 700–6 500	3 500–4 200	2 000	3000–4000	2 600–8 500
Barevný tón		teple až chladně bílá	neutrálně bílá	teple bílá	teple až neutrálně bílá	teple až chladně bílá
Index podání barev	R_a (–)	80–90	39–56	20–25	80–90	65–90

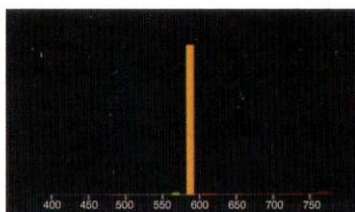
Tab. 1: Porovnání současných světelných zdrojů
Zdroj: www.hw.cz/knihovnicka/svetelne-zdroje-a-svitidla-pro-verejne-osvetleni-v-roce-2012.html

Rtuťové výbojky se v ČR začaly vyrábět v roce 1959. Jsou určené pro multifunkční využití na osvětlení ulic, chodníků, ale i vnitřních prostor jako např. skladišť a výrobních hal. Světlo vzniká výbojem v rtuťových parách, které jsou uzavřené v hořáku z křemenného skla. Teplota stěn hořáku se pohybuje od 600 °C do 800 °C. Světlo hořáku obsahuje jednak velmi škodlivé UV záření, jednak nadměrné množství světla zelené a modré barvy. UV záření je redukováno skleněnou baňkou s luminoforem, ve které je mezi hořákem a stěnou baňky směs argonu a dusíku (online cit. Žárovky-výbojky) [6], nicméně i přesto emitují hodně UV záření na to, aby mohly působit velmi zkázonosně na celé hmyzí populace.



Obr. 7: Poměrné spektrální složení světla vysokotlakých rtuťových výbojek
a) standardní b) se zlepšeným podáním barev
Zdroj: Habel (2013)

Od 80. do 90. let postupně **sodíkové výbojky** nahradily původní rtuťové výbojky. Právě tento typ v současnosti v našich městech a vesnicích převládá. (online cit. Žárovky-výbojky) [7]. Vysokotlaké sodíkové výbojky mají hořák z korundu. Výboj probíhá mezi dvěma wolframovými elektrodami. Samotný hořák je naplněn různými netečnými plyny včetně sodíku. Trubice hořáku může dosáhnout teploty až 1 200 °C. Vysokotlaké sodíkové výbojky mají oproti nízkotlakým vhodnější zlatobílou barvu světla (online cit. Žárovky-výbojky) [7]. Tento druh výbojek narušuje přirozené cirkadiánní rytmy člověka jen nepatrně, neboť neprodukuje téměř žádné světlo o krátkovlnné frekvenci. To sice způsobuje, že jejich světlo má sytě žlutou barvu a velmi tak narušuje přirozené vnímání barev v okolí, ale na živou přírodu působí relativně málo rušivě. Také je dobré podotknout, že se žluté světlo rozptyluje méně, než světlo kratších vlnových délkách. Tudíž je i pro světelné znečištění méně škodlivé (Hollan 2011).

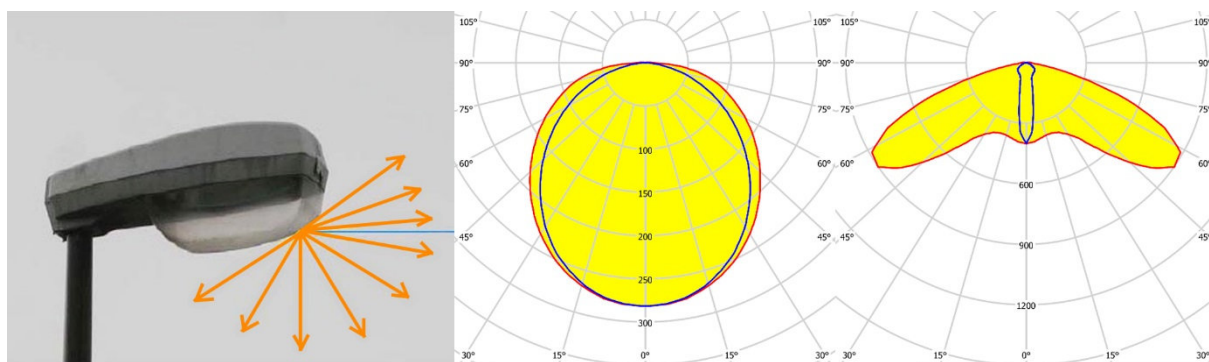


Obr. 8: Poměrné spektrální složení světla nízkotlakových sodíkových výbojek
Zdroj: Habel (2013)

Halogenidové výbojky se nejvíce uplatňují při osvětlení rozlehlých areálů, jako jsou např. průmyslové závody, nákladová nádraží, stadiony apod. Jejich světlo je zelenomodré. U nás se začaly tyto výbojky sériově vyrábět na konci 60. let. Princip hoření je velmi podobný jako u rtuťových výbojek. Rozdíl je v hořáku, který není z křemíku a obsahuje některé kovy (online cit. Žárovky-výbojky) [8]. Tyto výbojky jsou pro celonoční osvětlování velmi nevhodné zejména pro silnou složku modrého (krátkovlnného) světla emitovaného do ovzduší.

V poslední době se stále více setkáváme s elektroluminiscenčními zdroji světla; jedná se o tzv. **LED diody** (light emitted diode). Podstatou takto vyrobeného světla je polovodičový přechod PN, na kterém po připojení ke stejnosměrnému napětí dochází k uvolňování energie ve formě světla. Velkou výhodou LED zdroje je jeho vysoká efektivita, dlouhá životnost, vysoká spolehlivost a nízká teplota zdroje světla (Habel 2013). Navíc polovodičový čip je velmi malý a plochý, což vede k jiným, vhodnějším konstrukcím svítidel. K zatím největším nevýhodám LED osvětlení bezesporu patří jeho dost vysoká pořizovací cena. Spektrum vyzařovaného světla se dá u LED světél poměrně dobře regulovat buď kombinováním „ledek“ různých barev, nebo nanesením luminoforu na polovodičový zdroj světla krátkých vlnových délek (Hollan 2011).

Na míru světelného znečištění (světla emitovaného do vzduchu) má ovšem rozhodující vliv způsob uchycení zdroje světla, celková koncepce lampy, tvar jejího krytu a naprosto stěžejní je její nasměrování. Zda září zbytečně do prostoru nad sebou, či jen osvětluje to, co osvětlovat má. A samozřejmě také intenzita vyzařovaného světla.



Obr 9: Klasický konstrukční typ pouliční lampy, která emituje světlo také v malých úhlech nad horizont. Vedle jsou směrové diagramy moderních světelných zdrojů (vpravo s motýlkovou optikou, zajišťující rovnoměrné osvětlení požadované plochy), které světlo vyzařují jen ve směru dolů.

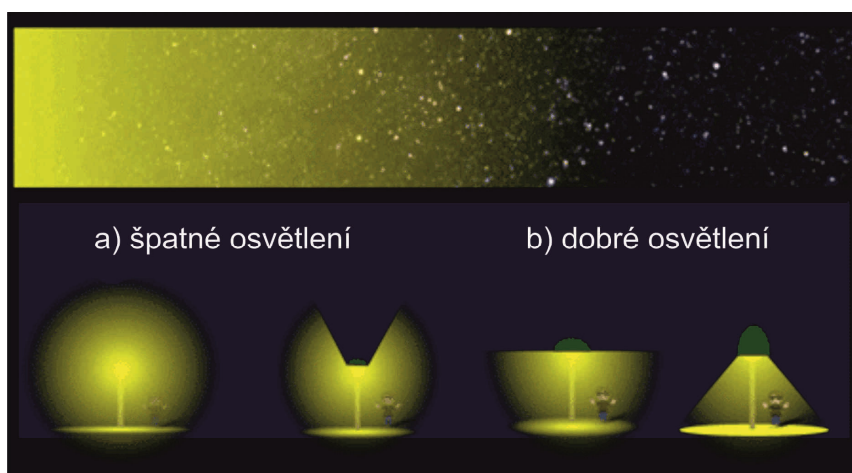
Zdroj: Mikuž a Zwitter (2005) a www.snaggi.com/slamp

5. PŘÍČINY SVĚTELNÉHO ZNEČIŠTĚNÍ

Jak již bylo popsáno výše, vzrůstající intenzita světelného znečištění je způsobena rostoucími emisemi světla do ovzduší, nikoli zvýšením antropogenně produkovaných cizorodých látek ve vzduchu. Tudíž je potřeba se zaměřit na to, jaké zdroje světla jsou pro životní prostředí škodlivé. Nejvíce ke světelnému znečištění přispívají takové světelné zdroje, které vyzařují do ovzduší světlo pod malým úhlem, spíše ve směru horizontálním, než vertikálním. Lamps svítící ideálně pod sebe přispívají ke zvýšenému jas oblohy pouze odrazem světla od povrchu pod nimi (Mikuž, Zwitter 2005). Nicméně pokud se zaměříme na problém světelného znečištění komplexně a budeme kriticky hodnotit (a jako světelné znečištění brát) i neúčinné či rušivé světlo, dojdeme k závěru, že dobře zkonstruovaných lamp, které osvětlují pouze požadovanou plochu, nikoho neoslňují a neemitují téměř žádné záření směrem vzhůru, je pouze velmi malý zlomek.

Podle Pavla Suchana (2004) je jedním z nejčastějších zdrojů světelného znečištění pouliční osvětlení. Lamp osvětlující všechny možné typy komunikací je velmi mnoho, často svítí i do širokého okolí, na přilehlé louky, vodní plochy nebo do bytů v domech u silnice. Vysoká intenzita pouličního osvětlení pak může působit oslnění jak chodců, tak řidičů, a může být mnohdy potenciálně i velmi nebezpečná (Suchan 2004). Pro osvětlení center měst, náměstí a parků se někdy používají tzv. všesměrové zdroje. Jedná se většinou o koule osazenou výbojkou, která ční směrem vzhůru; světlo se tedy rozptyluje prakticky do všech směrů.

Velkým zdrojem světelného znečištění může být také nesprávné nasvícení památek. Výsledek bývá působivý, reflektor ale často září velmi intenzivně a kromě památky osvětluje i oblohu vedle stavby. To opět velmi přispívá ke světelnému znečištění, zejména proto, že reflektor ozařuje stavbu zdola.



Obr. 10: Příklady a) špatné b) dobré orientace světelných zdrojů

Zdroj: www.penny4nasa.org/2013/07/09/light-pollution-and-nasa-combating-the-dark-side-of-light

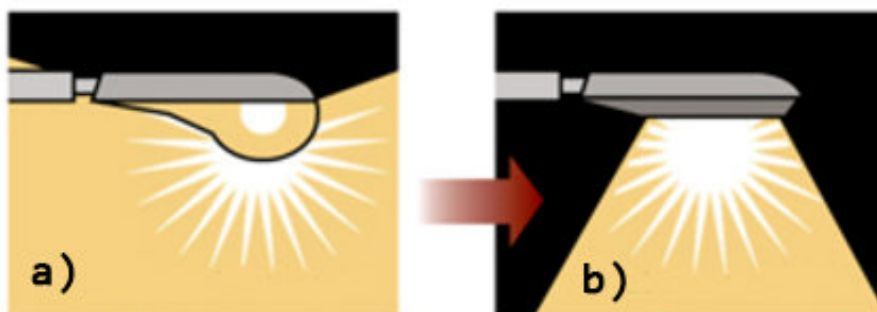
Velmi častým a úplně zbytečným zdrojem světla jsou výkladní skříně a interiéry obchodů po zavírací době. Jejich majitelé si zřejmě osvětlením chtějí zajistit bezpečí před možnými zloději, nicméně výlohy často září nepřiměřeně intenzivně a nezdá se, kdy osvětlují i chodník před výlohou. Právě soukromý sektor se v Česku podílí na světelném znečištění nejvíce (online cit. AÚ AV ČR, v.v.i.) [9]. Stejně zbytečným plýtváním světla i energie se zdá být osvětlení velkých průmyslových areálů a skladišť. Taková místa jsou v noci osvětlována co možná nejvýkonnějším zdrojem světla s co nejširším záběrem. Tato „ochrana“ objektů je ale velmi kontraproduktivní, neboť vytváří i pro samotnou ostrahu areálu tak silné protisvětlo, že ani sama nemůže mít o tom, co se v areálu děje přehled (Suchan 2004). Podobné nešetrné a nepotřebné využití lamp nalezneme na mnoha místech, např. na parkovištích supermarketů, na staveništích, nebo také na stadionech, kde osvětlení sice není stálé, zato je obrovské intenzity. Všechny tyto příklady nesprávného svícení mají společný problém v tom, že lampy svítí neúměrně intenzivně k potřebě světla.

Dalším zdrojem nechtěných světelných emisí jsou všechny druhy reklam a billboardů, které v noci září do veliké dálky. Problém opět spočívá ve způsobu nasvícení – reflektory ve směru zdola nahoru. V ovzduší nad nimi pak bývá patrný vějíř světla, který přesahuje požadovaně osvětlovanou plochu. Zajímavým zdrojem emisí světla jsou také světelné reklamy promítané do vzduchu, které mohou sloužit jako atraktivní poutač klubů, diskoték a nočních podniků (Suchan 2004). Názorné fotografie míst s „dobrymi“ a „špatnými“ světelnými zdroji jsou umístěny v příloze.

6. ŘEŠENÍ PROBLÉMU SVĚTELNÉHO ZNEČIŠTĚNÍ

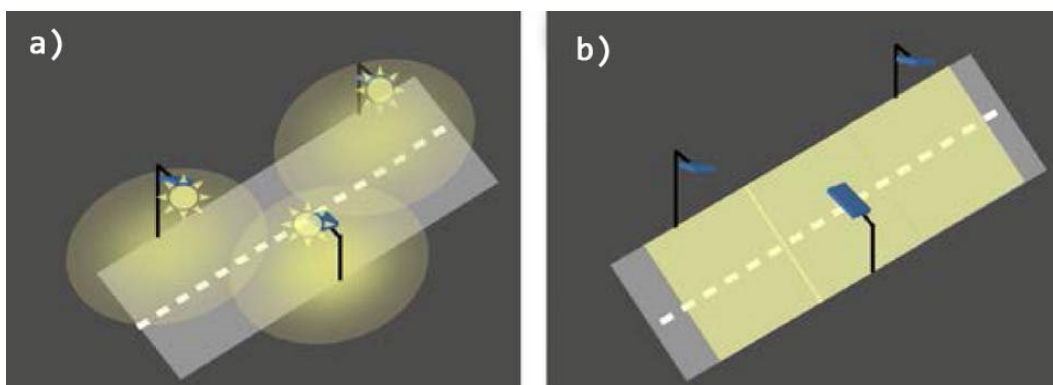
Hlavní příčiny světelného znečištění byly probrány v předcházející kapitole. Nyní se zaměřím na jejich možná omezení, neboť je zřejmé, že světlo coby polutant může mít na přírodu, a stejně tak i na člověka, velmi škodlivý vliv.

Většina lidí se nejspíš shodne na tom, že svítit v noci ve městě je žádoucí a nutné. To ovšem ani zarytí odpůrci světelného znečištění – soudobého problému moderní společnosti – nepopírají. V podstatě můžeme říct, že řešení, které by vedlo k zmírnění světelných emisí, není zas tak nereálné a utopistické. Jde jen o to, aby se lidé trochu zamysleli nad potřebou světla a dokázali kriticky rozhodnout, zda na určitém místě opravdu potřebují velmi intenzivní světlo, nebo zda je nutné, aby světelný zdroj ozařoval opravdu tak velkou plochu. Nicméně z vlastních pozorování mohu konstatovat, že na mnoha místech, kde se například stavějí nové komunikace nebo rekonstruují ty staré, dochází k instalaci vhodnějších svítidel (ekonomičtějších, či různě cloněných). Bohužel, takovýchto míst je zatím v Česku v poměru k celku velmi málo, nicméně určitá tendence je znát a je jen na místních samosprávách obcí a krajů, na rozhodnutí soukromých firem i fyzických osob, jakým způsobem budou svítit a osvětlovat prostor, který mají ve své správě. Moderní LED osvětlení sice zpočátku znamená větší finanční investici, vzhledem k nižší spotřebě se ale z dlouhodobého hlediska vyplatí a navíc plochým tvarem světlo emitující diody dobře splňuje podmínku minimálního neúčinného osvětlení. Nyní se pokusím nastínit reálné možnosti, jak zamezit, či aspoň omezit světelné znečištění.



Obr. 11: Příklad a) nesměrového (velice běžného) osvětlení b) směrového LED osvětlení
Zdroj: www.cleveland.com/nation/index.ssf/2008/11/bigcity_light_pollution_may_go.html

Při osvětlení komunikací je nutné, aby světla směřovala kolmo dolů tak, aby neemitovala světlo rovněž směrem vzhůru a to ani pod malým úhlem (obr. 11). Také je důležité osvětlovat jen plochu komunikace a neosvětlovat prostor v okolí, kde to není potřeba (obr. 12). Toho se dá dosáhnout např. zavedením plně cloněných svítidel (Suchan 2004).



Obr. 12: Ukázka a) špatného (nesměrového, necloněného, neekonomického), b) dobrého (směrové LED) osvětlení komunikací,

Zdroj: převzato z www.smartplanet.com/blog/bulletin/new-street-light-design-eliminates-light-pollution/18459

V podstatě stejná pravidla platí i při osvětlení na náměstích, v parcích a pěších zónách, kde se mnohdy klade důraz na estetiku, na úkor účelnosti a pohodlí. Jak již bylo zmíněno, velmi oblíbené byly kulovité lampy, které svítí téměř do všech směrů. Takovéto lampy jsou velmi nevhodné a neúčelné, ozařují okolí a vrhají rušivé světlo. Řešením je nepoužívání kulových svítidel a jejich nahrazení buď jinými, nebo alespoň jejich upravenými replikami (pokud se jedná např. o zajímavá prvorepubliková svítidla), která jsou vybavena tzv. inteligentní směrovou optikou. Díky ní je možné světlo nasměrovat jen na vymezená místa, kde nebude nikomu vadit (Suchan 2004). Na mnoha místech by také bylo dobré zvážit, jestli je velká intenzita světelných zdrojů vůbec třeba. Zda by naopak nebylo lepší použít lamp více, ale s menší intenzitou vyzařovaného světla, vždy tak, aby pokud možno nikoho neoslňovaly.

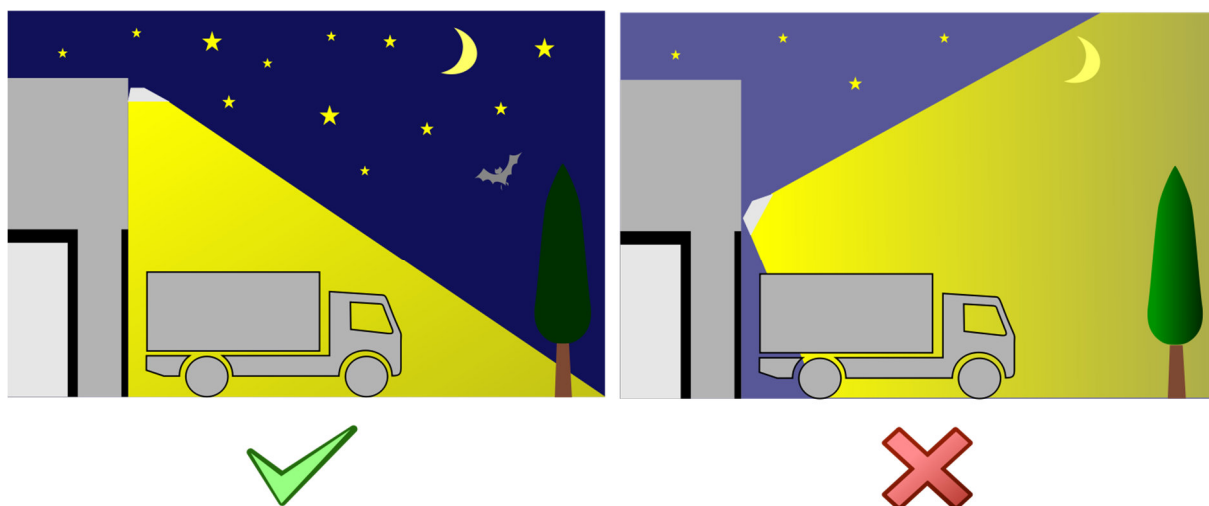
Jako teoreticky velice dobré řešení se zdá osvětlování ulic, např. ve vilových čtvrtích, pomocí lamp s fotobuňkou, reagující na chodce. Takovéto osvětlení by bylo velmi účelné a svítilo by jen na potřebnou dobu. Nicméně, zřejmě vzhledem k různým předsudkům rezidentů o bezpečí, se takové osvětlení v praxi prakticky nepoužívá.

Při osvětlování historických budov, které má čistě estetickou funkci, by se daly instalovat reflektory tak, aby pamětihodnost osvětlovaly seshora dolů, nikoli, jak to většinou bývá, ze země nahoru (Suchan 2003). Reflektory by měly být lépe nasměrované a cloněné, aby nesvítily zbytečně do okolního nebe, kolem budovy. Při pohledu např. z Letenských sadů jsou v noci vidět světelné kužele, které svítí u mnoha nasvícených budov zbytečně do okolního prostoru. Navíc reflektory většinou svítí tak intenzivně, že oslňují i dost vzdálené pozorovatele. Dobrým řešením je například vyhláškou nařídit

takového osvětlení na noc po půlnoci zhasínat, čímž se zamezí nezanedbatelným světelným emisím. Navíc lidí, kteří se procházejí nočními ulicemi Prahy a kochají se jejími pamětihodnostmi třeba ve tři hodiny ráno pravděpodobně zase tolik není.

Nadměrné osvětlování výloh a interiérů obchodů, restaurací a ostatních veřejných zařízení po jejich zavírací době je velmi těžké jakkoli regulovat, protože rozhodnutí závisí výhradně na majiteli. Nicméně i zde platí, že by se měla omezit intenzita světla a zabránit tomu, aby světlo unikalo prosklenými výlohami a okny ven do volného prostoru (Suchan 2004). Nejlepší by bylo opět toto osvětlování omezit patřičným zákonem.

Snížení intenzity produkovaného světla by rozhodně pomohlo i u průmyslových zón, překladišť a nádraží, expedičních skladů apod. Opět je důležité směřovat světlo pouze do míst kde je žádoucí a nainstalovat plně cloněná světla s menším příkonem (Suchan 2004).



*Obr. 13: Příklad správné a špatné orientace reflektoru v areálech expedičních skladů
Zdroj: www.svetelneznecistení.cz/jak-spravne-svitit/reklamni-osvetleni*

Nasvětlení reklamních ploch a billboardů, světelných reklam a poutačů promítaných do otevřeného prostoru by také bylo vhodné regulovat vyhláškou. Určitou inspiraci by mohl poskytnout slovinský zákon o světelném znečištění, viz kapitola 8.3 „Světelné znečištění v legislativě“. V Česku jsou billboardy velmi často umístovány podél dálnic a jejich osvětlení v noci je naprosto nepřiměřené, často oslňují řidiče i na velké vzdálenosti, ze které nelze na billboardu reklamu ani přečíst, takže takto intenzivní osvětlení naprosto ztrácí smysl. Stejně jako u osvětlování památek by velmi pomohlo odpovídající nařízení, podle kterého by se muselo jejich nasvícení během noci vypínat (online cit. Světelné znečištění) [10].



Obr. 14: Dvě správné praktiky a jedna špatná při osvětlování reklamních billboardů
Zdroj: www.svetelneznecisteni.cz/jak-spravne-svitit/reklamni-osvetleni

7. NEGATIVNÍ VLIV SVĚTELNÉHO ZNEČIŠTĚNÍ

7.1 Vliv na člověka

Světlo je přes den pro člověka nesmírně důležité. Umožňuje nám vnímat svět kolem sebe zrakovými orgány, ale má také další funkci – podle jeho intenzity (míry) se v hypothalamu iniciuje sekrece hormonu melatoninu, který koriguje fyziologické děje v našem těle. Tento hormon, někdy též nazývaný spánkový, se vylučuje právě ve spánku a nedostatek světla je podmínkou jeho sekrece. Při vysoké hladině tohoto hormonu v krvi se nám chce spát. Vrchol jeho uvolňování je krátce po půlnoci, kdy už by všude měla být tma, a při východu Slunce se jeho uvolňování zastavuje, čímž dochází k probuzení a celkovému nastartování organismu. (Drahoňovská 2004). A právě nedostatek melatoninu způsobuje mnohé zdravotní potíže, mezi nimi i některé tzv. „civilizační choroby“, které jsou způsobené především antropogenním narušováním životního prostředí člověka.

Kromě níže popsaných vyloženě zdravotních (patologických) problémů ale může rušivé světlo ohrožovat člověka bezprostředně např. při jízdě autem, pokud je silnice nevhodně osvětlena a lampy svítí řidiči do očí. V takových případech působí světlo velmi kontraproduktivně a místo toho, aby pomáhalo, naopak škodí.

Nedostatek melatoninu může způsobit nejrůznější druhy **rakoviny**. Nejvíce ohrožené jsou ženy, protože se jim tvoří pohlavní hormon estrogen, který může působit na prsní tkáň a způsobit tak její patologické změny. Většímu výskytu rakoviny prsu při nedostatku tmy při spánku, se zabývalo několik studií, jejichž výsledky jsou velmi zajímavé. Zjistilo se například, že nevidomé ženy mají riziko výskytu rakoviny prsu menší, dále, že noční práce má za následek vyšší riziko vzniku rakoviny, a také to, že ženy žijící za polárním kruhem jsou obecně méně postižené výskytem rakoviny prsu (Drahoňovská 2004).

Syndrom sezónní deprese má také na svědomí melatonin. Jsou mu více vystaveni lidé ve vyšších zeměpisných šířkách, kde je přes rok méně slunečního světla, nicméně syndrom může propuknout i u lidí, kteří jsou dennodenně vystaveni světlu umělému. To narušuje přirozený cyklus den-noc a melatonin není z hypothalamu uvolňován tak, jak by měl být. Sezónní deprese se vyznačuje především zvýšenou únavou během dne, neschopností se pořádně soustředit, ztrátou zájmu o své okolí. Dále dochází k výraznějším poruchám spánku, k nespavosti. Projevuje se zvýšenou chutí k jídlu, převážně na sladké, což může mít za následek obezitu a také zvýšenou konzumaci alkoholu. V konečném důsledku může vést i ke zvýšení počtu sebevražd (Drahoňovská 2004).

Jak již bylo řečeno, melatonin je spánkový hormon a do jisté míry ovlivňuje **kvalitu spánku**. Pokud je člověk vystaven světlu v noci, je jeho sekrece potlačena a tím dochází k nekvalitnímu, často přerušovanému spánku. Problémy se mohou vyskytnout například tehdy, když je člověk světlu vystaven

do půlnoci. To opozdí sekreci melatoninu a může způsobit sklon k časnějšímu probuzení, než je obvyklé (Drahoňovská 2004).

7.2 Vliv na zvířata

Vliv světelného znečištění na přírodu je značný, ovlivňuje prakticky všechny druhy zvířat. O této problematice velice obšírně pojednává publikace Rich, Langcore (2006) „Ecological consequences of artificial night lighting“, ve které je v jednotlivých kapitolách popsán vliv umělého světla na život savců, ptáků, plazů, ryb, bezobratlých a rostlin. Následující podkapitoly demonstrují příklady vlivu na jednotlivé třídy živočichů a na rostliny.

Změna v rozložení světla během dne může způsobit zvířatům chaos v jejich přirozených cirkadiánních rytmech. Týká se to hlavně větších zvířat, například **savců**, protože hodně z nich je přizpůsobeno k životu za tmy. Přezářená noční obloha, která osvětluje tmavou zem, je pro jejich noční život nežádoucí (Beier 2006, v Rich a Lagcore 2006). To pak může negativně ovlivnit přirozenou predaci například tím, že některé druhy jsou při lovu zvýhodněné před jinými. Důsledkem může být pomalé narušování přirozené „potravní“ rovnováhy v přírodě tím, že zvířata, která se spoléhají na utajení tmou, mohou být snadnou kořistí těch, která již při slabém osvětlení dokáží účinně lovit a která jsou tudíž jasnou oblohou zvýhodněna.

Rušivé světlo má velký vliv na migrující **ptáky**, protože většina z nich je přitahována světly majáků (Hudec 2003). Stejně tak mohou být důvodem dezorientace výstražná světla na vysokých budovách, která září často silněji než hvězdy, podle kterých se mnoho tažných ptáků orientuje. Pak dochází k hromadným úmrtím na výškových stavbách (Hudec 2003). Ale vliv rušivých světél pro ptáky nemusí mít pouze smrtelné následky. Pokud je migrující pták lákán světlem a stále kolem něj létá, vyčerpá si energii potřebnou pro zdárný dolet do cíle. Vliv nepřirozeného světla je patrný i u nemigrujících druhů; zejména se projevuje ve změnách chování. Při zkoumání několika populací zpěvných ptáků, z nichž jedna skupina populací obývala areál poblíž nočně osvětlovaných prostor a druhá prostor hluboko v lese, daleko od umělého osvětlení, bylo zjištěno, že samečci ptáků žijících u osvětlené ulice začínají k ránu zpívat dříve než ti, kteří vystaveni umělému světlu v noci nejsou. Samičky v populacích žijících podél osvětlených ulic zase začínají klást vejíčka v průměru o 1,5 dne dříve, než samičky ptačích populací žijících v oblastech nevystavených nočnímu osvětlení (Kempanaers 2010).

V poslední době dochází také k nárůstu světla v pobřežních oblastech, zejména na plážích v přímořských letoviscích. To může negativně ovlivňovat ryby, mořské **obojživelníky** i **bezobratlé**. Všechny tyto druhy rušivé světlo dezorientuje, přitahuje je nebo naopak odpuzuje (Rich, Langcore 2006). Dobrý příklad naprosté dezorientace umělým světlem se dá dobře pozorovat na chování mládřat mořských želv, která se po vylíhnutí z nakladených vajíček po narození na písčité pláži orientují právě pomocí světla. Takto zaměřené výzkumy prováděl na plážích Floridy Michael Salmon (2003)

z univerzity na Floridě. Jeho výzkumy bylo zjištěno, že směr světla je pro právě narozené želvy velmi stěžejní. V přirozeném prostředí se na písčných dunách nachází vegetace, která vrhá stín, a želví mláďata jsou naučená plazit se směrem od tmavých siluet k moři. Pokud je pláž uměle osvětlená, stíny mizí a mláďata nevědí, kudy nejkratší cestou do moře. Tisíce takto dezorientovaných želvích mláďat umírá jako oběť suchozemských predátorů, dehydratací po východu Slunce nebo vyčerpáním (Salmon 2003).

Největší negativní vliv (z hlediska devastace celé populace živočichů) má nešetrná distribuce umělého světla na mnoho nočních druhů **hmyzu**. Již před desítkami let se ukázalo, že světelné výbojky přitahují hmyz jako magnet, zejména pro jejich UV složku světla, která hmyz dráždí, neodbytně láká, oslňuje a dezorientuje. To je způsobeno stavbou složeného hmyzího oka, jehož jednotlivé čočky vnímají převážně ultrafialové a modré světlo (350–450 nm) (Povolný 2003). Nicméně další výzkumy prokázaly, že hmyz přitahují v podstatě všechny umělé světelné zdroje, ať už se jedná o rtuťové nebo sodíkové výbojky. (Eisenbeis a Hassel 2000, cit. v Povolný 2003, s. 108). Během zkoumání vlivu rušivého světla na hmyz bylo zjištěno, že vodní hmyz je světelnými zdroji lákán více než suchozemský hmyz. Také byla objevena přímá úměrnost mezi počtem chyceného vodního hmyzu během noci a teplotou, naproti tomu se ukázala nepřímá úměrnost mezi počtem uloveného hmyzu a rychlostí větru (Perkin 2014).

Hmyz do zdroje světla nalétává tak dlouho, dokud vysílením neuhyne, případně je dokonce spálen. Tím dochází k selektivnímu vymírání nočních druhů hmyzu, převážně motýlů, brouků, blanokřídlých, much a dalších druhů. (Povolný 2003). Často se jedná o druhy, které jsou pro ekosystém velmi potřebné, převážně se uplatňují jako opylovači květů rostlin, přenašeči jejich semen a v neposlední řadě představují potravu pro vyšší živočichy. Proto vyhubení a zdecimování jejich populace rušivým světlem může vést v konečném důsledku až ke kolapsu celého ekosystému (Povolný 2003).

Světelné zdroje navíc nahrávají potenciálním hmyzím predátorům, kteří pak mají jednodušší přístup k potravě. Hmyzích druhů i tímto způsobem mizí více, než kolik by ho ubylo za přirozeného stavu. Bylo zjištěno, že například pavoukovci preferují umístění své sítě do více osvětlených prostor, někdy i bezprostředně pod světelný zdroj (viz obr. 15). Dokonce se výzkumem zjistilo, že se zřejmě jedná o dědičnou preadaptaci pavouků. Tomu napovídá skutečnost, že pavoukovci, kteří nikdy dříve nebyli vystaveni světlu, si i v pokusných chovech stavějí své sítě do osvětlenějších míst (Heiling 1999). V neposlední řadě přesvětlené nebo noční hmyzí druhy ruší při vegetativních aktivitách: při přijímání potravy, kladení vajíček a rozmnožování (Langore, Rich 2004). Například dohlednost světlušek, tedy do jak velké vzdálenosti jsou schopni samečci rozeznat samičky, se citelně snížila (Matějček 2009, z Langore, Rich 2004).



*Obr. 15: Dědičná preadaptace pavouků, stavění sítí do osvětlených míst, někdy i přímo pod světelný zdroj
Zdroj: autor*

7.3 Vliv na rostliny

Negativním účinkům rušivého světla nejsou ušetřeny ani **rostliny**, zejména pak stromy, které jsou nejvíce citlivé na červenou a infračervenou část spektra. To neznamená, že všechna umělá světla musí nutně stromům škodit. Například halogenidové výbojky, které mají rozmezí emitovaného světla zhruba od zelené do oranžové barvy spektra, stromům vadí mnohem méně, než vysokotlaké sodíkové výbojky, které emitují nejvíce světla právě v červené a infračervené části spektra (Chaney 2002). U stromů, které jsou po velkou část noci vystavené tomuto světlu, může docházet ke změně doby typické pro růst květů. Ještě horším důsledkem dopadajícího světla na stromy je to, že je stále podporuje v růstu a to i s příchodem podzimu. Tím brání stromům v přípravě na období vegetativního klidu v zimě, což způsobuje pozdější opadávání listů a horší adaptaci stromů na zimní počasí (Chaney 2002). V neposlední řadě jsou osvětlované stromy vystavené stálému stresu a tím mohou být náchylnější k negativním důsledkům znečištění ovzduší, protože průduchy v listech přijímající kyslík a oxid uhličitý jsou otevřené delší dobu (Chaney 2002).

8. SNAHA O OCHRANU TMY

8.1 IDA (International Dark-Sky Association)

Dnes je již jisté, že tma v noci začíná být pomalu „ohroženým druhem“. Především v antropogenně ovlivněných oblastech, převážně kolem velkých měst. Na tuto skutečnost začala již v roce 1988 poukazovat organizace IDA (International Dark-Sky Association). IDA se snaží usilovně bojovat proti světelnému znečištění například tlakem na politiky, aby zavedli účinnější legislativu na ochranu tmy, i tlakem na úřady a firmy, aby při instalaci nového osvětlení dávaly přednost ekologickému a ekonomickému svícení. A v neposlední řadě se snaží poskytovat informace o světle, jakožto polutantu, široké laické veřejnosti (int. cit. IDA) [11]. Jednou z aktivit této organizace je také zakládání tzv. „oblastí tmavé oblohy“, v nichž by měla být tma uchována ve svém původním stavu po další generace.

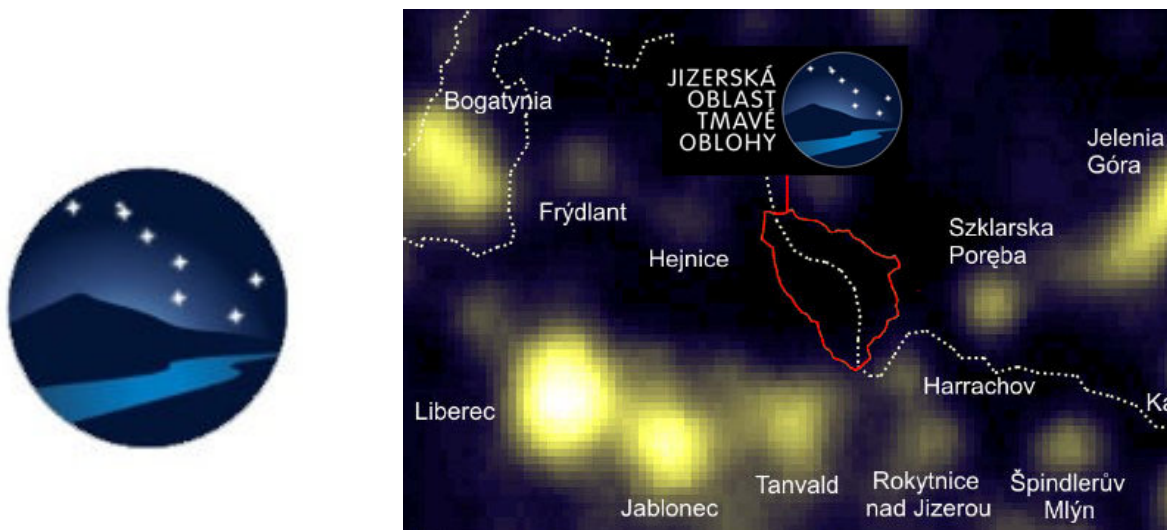
Oblasti se dělí na parky, rezervace a komunity. Podle dalšího členění rozlišujeme právě kvalitu tmy; podle hodnot MSA [mag/arcsec²] je stanovena 1. kategorie (21,75 a více), kde můžeme nerušeně pozorovat mléčnou dráhu nebo zodiakální světlo, 2. kategorie (21,00 – 21,75), kde jsou již podmínky pro pozorování hvězd horší, nicméně mléčnou dráhu můžeme pozorovat v létě a v zimě, a 3. kategorie (20,00–21,00), kde jsou již podmínky pozorování omezené, ale stále mnohem lepší než v hustě urbanizovaných oblastech. Oblasti zřízené pod IDA se nacházejí převážně v Americe a v Evropě, většinou se jedná o již stávající národní parky (int. cit. IDA) [9]. Přehled parků, rezervací a komunit je dostupný zde: <http://www.darksky.org/nightskyconservation>.



*Obr. 16: Logo IDA (International Dark-Sky Association)
Zdroj: www.nlb.org/index.cfm?pid=10256*

8.2 Situace v Česku a na Slovensku

V ČR žádná oblast evidovaná IDA není, ovšem dvě oblasti tmavé oblohy se na našem území zřídit podařilo. Mají stejný cíl, jako výše zmíněné rezervace – chránit tmu nad nimi, takže se uvnitř nesmějí instalovat žádná rušivá světla. Zároveň poskytují osvětlu návštěvníkům, kteří se dosud s pojmem „světelné znečištění“ nesetkali, a rozšiřují tak všeobecné povědomí o tomto významném druhu znečištění.



Obr. 17: Logo a schematické vymezení Jizerské oblasti tmavé oblohy
Zdroj: Jizerská oblast noční oblohy 2009 (upraveno)

Česko-polská **oblast tmavé oblohy v Jizerských horách** byla zřízena 4. listopadu 2009. Jedná se o nejstarší přeshraniční rezervaci pro ochranu tmy na světě (Jizerská oblast tmavé oblohy 2009). Sama o sobě je nejstarší v ČR. Její rozloha je necelých 75 km² s průměrnou nadmořskou výškou 800 m n. m. Pro vyhlášení rezervace zrovna na tomto místě hrála důležitou roli její poloha, relativně vzdálená od větších měst (v blízkosti je pouze osada Jizerka a osada Orle) a její reliéf, neboť hřebeny Jizerských hor zastiňují oblast před rušivým světlem z okolí. Právě absence emitovaného světla z měst nám zde může dovolit pozorovat mléčnou dráhu o počtu zhruba 1 000 hvězd.

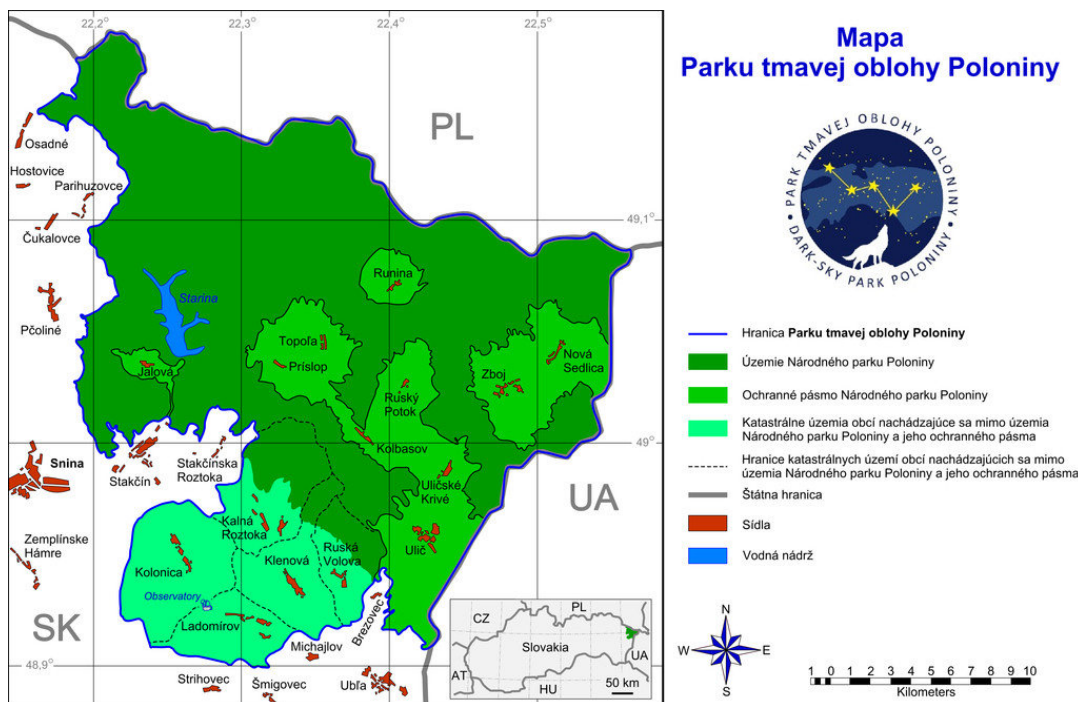
Beskydská oblast tmavé oblohy vznikla 4. 3. 2013, jako Česko-slovenská oblast pro ochranu tmavé oblohy. Jedná se o druhou rezervaci tohoto druhu v ČR i na Slovensku. Její rozloha je 308 km² s nejvyšším bodem Lysou horou (1 323 m n. m.). Jas oblohy se v této oblasti pohybuje okolo 21,2 – 21,3 mag/arcsec², což umožňuje bezproblémové pozorování hvězd a nezpůsobuje žádné zásahy do ekosystémů. Stejně jako je to v případě Jizerské oblasti tmavé oblohy, i tato rezervace by měla zprostředkovávat informace o problematice světelného znečištění široké veřejnosti. (int. cit. BOTO) [12].



Obr. 18: Logo a schematické vymezenie Beskydskej oblasti tmavej oblohy

Zdroj: www.boto.cz/?page_id=12

Park tmavé oblohy v Poloninách je prvá rezervácia na ochranu tmy na Slovensku. Bol vyhlásen 3. prosince 2010. Prekrýva územie NP Poloniny, príslušné ochranné pásmo a katastry niekoľkých obcí. Jeho celková výmera činí 485 km², čo z neho robí najrozsiahlejšiu rezerváciu na ochranu tmavej oblohy na území bývalého Československa. Hodnoty MSA v parku dosahujú rozmezí 21,3 – 21,7 mag/arcsec², čo je hodnota pre rozvinutý svet pomerne vysoká (int. cit. Park tmavej oblohy Poloniny) [13].



Obr. 19: Mapa parku tmavej oblohy Poloniny

Zdroj: Park tmavej oblohy Poloniny (2013)

8.3 Světelné znečištění v legislativě

Termín „světelné znečištění“ byl u nás zaveden i v legislativě. Od roku 2002 byl tento pojem definován v § 2 odst. 1 písm. r) zákona o ochraně ovzduší č. 86/2002 Sb. Světelným znečištěním se rozumí: *„Každá forma osvětlení umělým světlem, které je rozptýleno mimo oblasti, do kterých je určeno, zejména pak míří-li nad hladinu obzoru.“* Podle tohoto zákona byl každý povinen omezovat množství znečišťujících látek emitovaných do ovzduší, tím pádem i světla. Dále bylo stanoveno podle § 3 odst. 10, že: *„Při činnostech v místech a prostorech stanovených prováděcím právním předpisem je každý povinen plnit nařízení orgánu obce a v souladu s ním provádět opatření k zamezení výskytu světelného znečištění ovzduší.“* Dále podle § 3 odst. 12 platilo, že *„Prováděcí právní předpis stanoví místa a prostory, kde nesmí docházet k výskytu světelného znečištění, činnosti, na které se vztahuje povinnost podle odstavce 10, opatření ke snižování nebo předcházení výskytu světelného znečištění a limity stanovující horní mez světelného znečištění.“* V praxi měly obce poměrně velké pravomoci na regulaci světelného znečištění.

Nicméně v roce 2004 došlo k dalším úpravám pravomocí a vypuštění § 3. Bylo stanoveno, že *„Obec může obecně závaznou vyhláškou zakázat promítání světelných reklam a efektů na oblohu a zakázat používání laserové techniky při kulturních akcích.“* Ve stejném roce byla vydána novela zákona o ochraně ovzduší (zákon č. 92/2004 Sb.) s rozšířenou definicí termínu světelné znečištění: *„světelným znečištěním je viditelné záření umělých zdrojů světla, které může obtěžovat osoby nebo zvířata, způsobovat jim zdravotní újmu nebo narušovat některé činnosti a vychází z umístění těchto zdrojů ve vnějším ovzduší nebo ze zdrojů světla, jejichž záření je do vnějšího ovzduší účelově směřováno“.* V roce 2005 došlo k dalším omezením regulace světelného znečištění na úrovni obcí, v zákoně č. 385/2005 Sb. Podle novely § 50 odst. 3 písm. c) bylo stanoveno, že obec může *„v oblasti opatření proti světelnému znečištění regulovat promítání světelných reklam a efektů na oblohu.“*

V roce 2012 byl vydán nový zákon o ochraně ovzduší (č. 201/2012 Sb.), ale termín „světelné znečištění“ již neobsahuje. Dle mého názoru je tento fakt, že česká legislativa po deseti letech zapomněla na problém světelného znečištění, jasným ukazatelem toho, jak málo si lidé uvědomují závažnost problému a nutnost ho řešit omezováním zbytečného světla, které se může stát velkým problémem, pokud nebude zákony účinně regulováno.

V kontrastu k českým zákonům existují v Evropě státy, kde světelné znečištění představuje významný prvek v legislativě a jeho omezování se klade stejný důraz jako na všechny jiné druhy znečištění. Takovým příkladem „osvíceného“ státu je Slovinsko. V této zemi bývalé Jugoslávie mají příslušný zákon (Uradni list RS, št. 81/2007), který vymezuje formy světelného znečištění (lampami, billboardy, aj.) a velmi striktně jejich osvětlení nařizuje. Pro příklad: v článku 13, (4) se uvádí, že *„elektrická energie svítlen osvětlujících reklamní plochy nesmí překročit uvedené hodnoty, které jsou vypočítané v závislosti na velikosti reklamní plochy, 17 W/m² pro reklamní plochy větší 18,5 m²,*

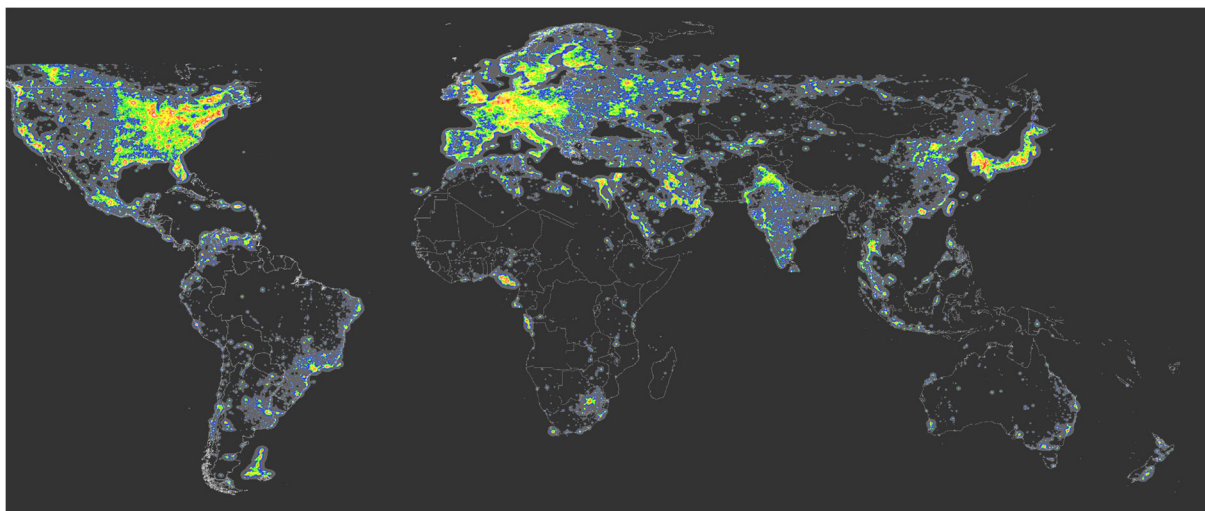
27 W/m² pro reklamní plochy větší 12,5 m² a menší než 18,5 m², 35 W/m² pro reklamní plochy větší než 3,5 m² a méně než 12,5 m²“, atd. Dále se pak v článku 13 (5) nařizuje, že „všechny reflektory osvětlující reklamní plochu větší než 20 m² budou zhasnuty od 24:00 do 5:00 hodin.“ Toto je jen malá ukázka toho, jak se může na celostátní úrovni nechtěné světlo omezovat. Myslím si, že Slovinsko je velmi dobrým příkladem pro všechny země Evropy i světa, které se ještě nezačaly dostatečně zajímat o negativní důsledky světelného znečištění na společnost a přírodu. Nebo které, jako v případě Česka, se zajímat začaly a pak z neznámého důvodu přestaly.

9. MAPOVÁNÍ SVĚTELNÉHO ZNEČIŠTĚNÍ

9.1 Světelné znečištění ve světě

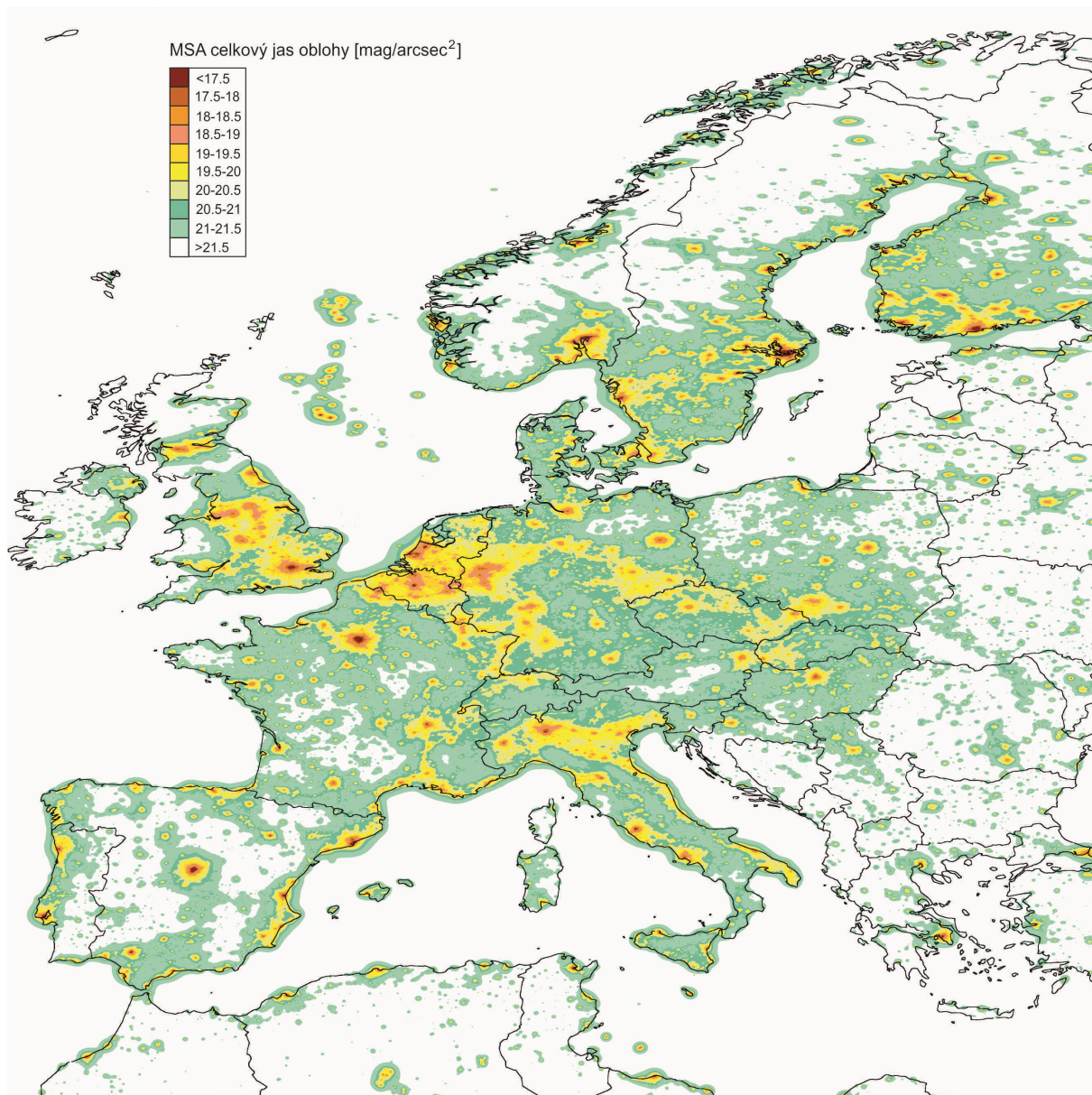
Světelné znečištění začíná být takřka globálním problémem civilizovaného světa. Když se podíváme na mapu níže, zjistíme, že všechny vyspělé společnosti produkují obrovské množství zbytečného světla. Počátkem 21. století byl vydán první světový atlas mapující světelné znečištění. Data vycházejí z měření umělého jasů oblohy v zenitu vztažené k úrovni hladiny moře. Z mapových listů atlasu světelného znečištění můžeme jasně vidět závislost mezi lidskou aktivitou, potažmo hustotou obyvatel a mírou světelného znečištění ve státech s podobně vyspělou ekonomikou a podobnými technickými možnostmi (Walker 1977). Výjimkou jsou těžařské ropné plošiny v Severním moři, které jsou na mapě velmi dobře patrné. Na základě vypočtených a zobrazených dat se dá usuzovat, že více než 2/3 světové populace a více než 99 % obyvatel USA (kromě Aljašky a Havaje) a EU žije v oblastech, kde noční obloha dosahuje vyšších hodnot, než je prahová hodnota pro světelně znečištěné nebe. Dále více než 2/3 populace USA a více než 1/2 evropské populace ztratila možnost vidět mléčnou dráhu pouhým okem (Cinzano 2001).

Barvy na mapách v atlasu hodnot světelného znečištění vztažených k hladině moře korespondují s poměrem mezi umělým jasnem oblohy a přirozeným jasnem nočního nebe. Stupnice je následující: <0,01 (černá), 0,01–0,11 (šedivá), 0,11–0,33 (modrá), 0,33–1 (zelená), 1–3 (žlutá), 3–9 (oranžová), 9–27 (červená), >27 (bílá) (online cit. Light Pollution Science and Technology Institute) [14].



Obr. 20: Světová mapa světelného znečištění, hodnoty vztažené k hladině moře
Zdroj: www.lightpollution.it/worldatlas/pages/fig1.htm

Dalším způsobem jak zobrazit míru světelného znečištění jsou mapy, znázorňující přímo hodnoty MSA (celkový jas oblohy). Tento způsob mapování světelného znečištění je lépe představitelný, neboť se jedná o stejné hodnoty, jaké jsou měřeny ve výzkumné části práce přístrojem Sky Quality Meter.



Obr. 21: Mapa Evropy s hodnotami MSA (celkového jasu oblohy)
Zdroj: www.lightpollution.it/dmsp/totbri.html

Credit: P. Cinzano, F. Falchi (University of Padova), C. D. Elvidge (NOAA National Geophysical Data Center, Boulder). Copyright Royal Astronomical Society. Reproduced from the Monthly Notices of the RAS by permission of Blackwell Science.)

9.2 Světelné znečištění v Evropě

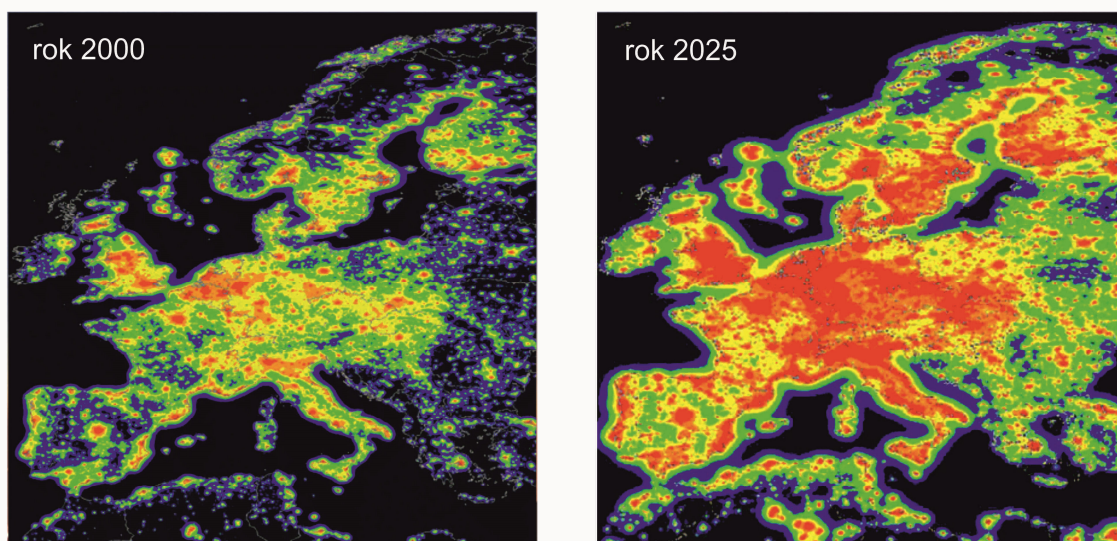
Evropa je jako rozvinutý kontinent bohužel významným světelným znečišťovatelem, nicméně i v rámci Evropy samotné si můžeme povšimnout jisté diferenciace. Nejvíce přezářené nebe se nachází nad státy tzv. modrého banánu, který představuje nejvíce urbanizovanou a jádrovou oblast celé Evropy. Jedná se o oblasti střední a jižní Anglie, Nizozemsko, Belgie, Lucembursko, západní Německo a severní Itálii. V těchto oblastech se nachází například rozsáhlá konurbace Randstad, velká průmyslová města jako Londýn, Birmingham, Brusel nebo Kolín nad Rýnem. Nad takto velkými městy, nebo pokud jsou velká města blízko u sebe, případně pokud tvoří konurbace (např. výše zmíněný Randstad) je noční obloha nad nimi silně světelně znečištěná a světelná záře (skyglow) pohlcuje přirozenou tmou oblohy na velmi velké vzdálenosti, takže např. v Belgii, se s přesvětlenou oblohou běžně setkáme i na venkově (Mizon 2002).







Obecně samozřejmě platí, že vyšší světelné znečištění je u velkých měst, takže i když některé státy mají i oblasti s méně znečištěnou oblohou, jejich hlavní města dosahují v MSA nízkých hodnot (např. Paříž, Madrid). Velké rozdíly jasu oblohy vykazují Skandinávské země, kde v jejich severních periferních oblastech se světelné znečištění prakticky neobjevuje, naopak v jižních částech těchto států, kde také žije většina jejich obyvatel, je úroveň světelného znečištění také poměrně vysoká. Zajímavé jsou velmi jasné ostrovy v Severním oceánu, které ovšem nejsou pevninami, nýbrž ropnými plošinami. Na takovýchto místech může jas oblohy dosáhnout podobných hodnot jako nebe nad Londýnem.

Méně přezářenou oblohu vykazují jednak periferní oblasti vyspělých evropských států, např. Skotsko, Laponsko, ale také některé regiony Španělska nebo Francie, dále východní a jihovýchodní Evropa - Pobaltské republiky, Bělorusko, Rusko, Ukrajina, Bulharsko, Rumunsko, většina republik bývalé Jugoslávie a Řecko.

Co se týká prognózy světelného znečištění v Evropě, převládá bohužel negativní trend jeho zvyšování. Při srovnání nedávné situace v Evropě (rok 2000) a výhledu do budoucna (rok 2025) je jasné, že pokud bude stále docházet ke zvyšování světelných emisí, bude mít obloha v podstatě v celé kontinentální Evropě na venkově během noci takové světlo, jaké je dnes uvnitř velkých měst.

Současný stav jasu oblohy a výhled do budoucnosti



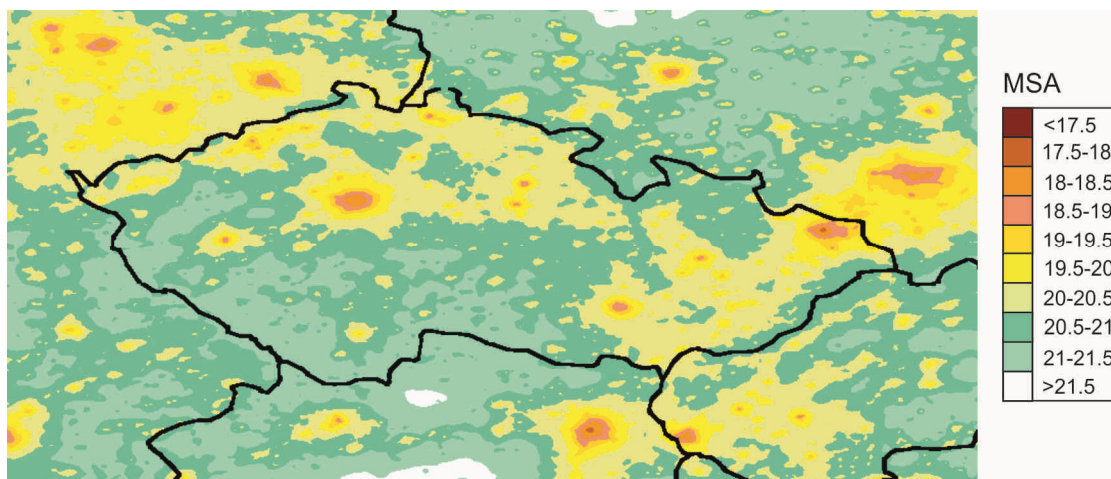
jas uměle osvětleného nočního nebe oproti přirozenému jasu		
	vyšší 1,1x	Viditelná mléčná dráha přes polovinu oblohy, vrhá na zem slabý stín.
	vyšší 1,5x	Typická horská obloha v Evropě, k vidění hodně hvězd, ale slabší se již ztrácí v záři okolních měst.
	vyšší 2x	Výrazný úbytek hvězd, obloha ale stále relativně tmavá, mléčná dráha ještě viditelná.
	vyšší 4x	Typická venkovská obloha a obloha v okolí měst, obloha světlá, mléčná dráha málo výrazná.
	vyšší 10x	Městská obloha, velmi světlá, mléčná dráha není viditelná, většina hvězd se ztrácí.
	vyšší více jak 10x	Velkoměstská obloha, na obloze se dá spatřit méně než 100 hvězd.

Obr. 22: Srovnání jasu oblohy v Evropě v roce 2000 a jeho prognóza v roce 2025

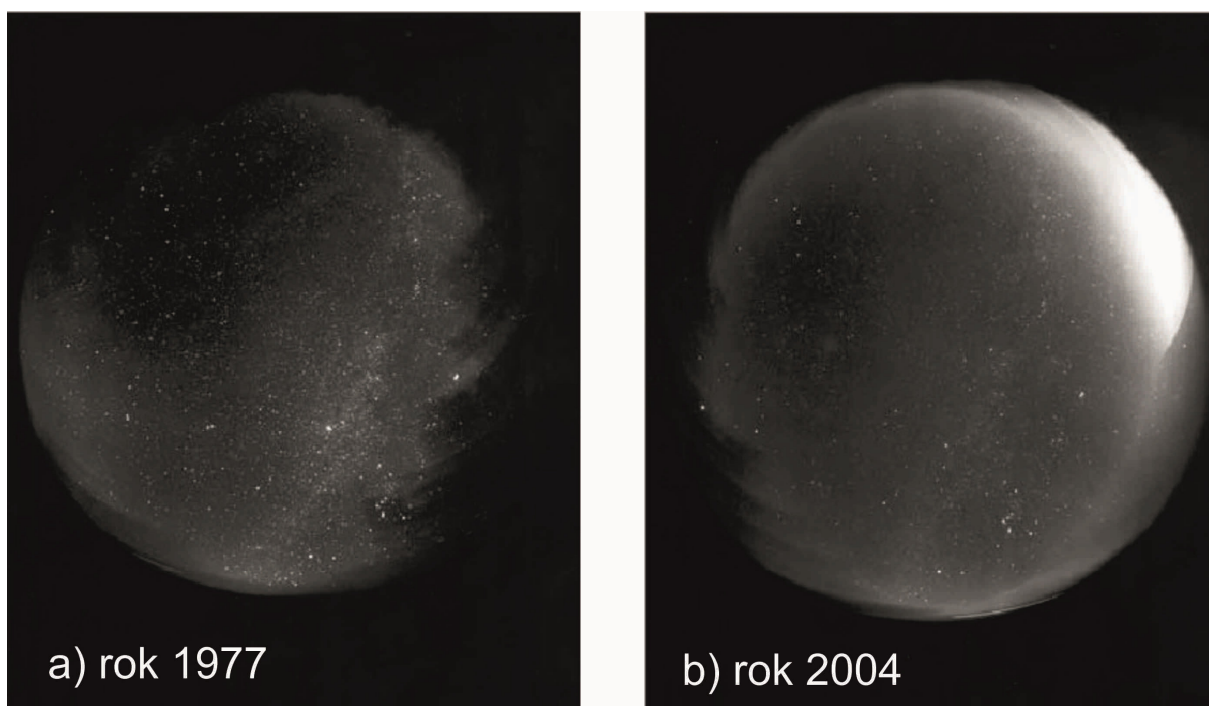
Zdroj: www.asu.cas.cz/news/434_reakce-na-prohlaseni-ministra-zivotniho-prostredi-tomase-chalupy
(upraveno)

9.3 Světelné znečištění v ČR

Česko je na tom z hlediska produkce světelných emisí velmi podobně jako ostatní státy střední Evropy. Za nejvíce přezářené regiony v Čechách můžeme považovat Středočeský kraj s centrem v Praze a Ústecký kraj s velkými městy Ústí nad Labem, Teplice, Most a Chomutov. Dále je jas oblohy značný prakticky nad všemi krajskými městy. Na Moravě se hlavně jedná o východní část Moravskoslezského kraje s průmyslovými městy Ostravou, Karvinou a Havířovem, dále o oblasti kolem Olomouce a Brna. Relativně nejméně světelně zamořené oblasti se nacházejí na Šumavě. Nicméně úplně temnou oblohu, která by dosahovala více než $21,5 \text{ mag/arcsec}^2$ v ČR bohužel již nenajdeme.



Obr. 23: Mapa Česka s hodnotami MSA (celkového jasů oblohy), výřez z mapy Evropy
Zdroj: www.lightpollution.it/dmsp/totbri.html



Obr. 24: Dvě shodně orientované fotografie oblohy nad Prahou a) v roce 1977 a b) v roce 2004
Z fotografií je jasné patrné, kolik hvězd nad Prahou za 27 let „ubýlo“.
Zdroj: Proč se zabývat světelným znečištěním? (2006)

10. MĚŘENÍ JASU OBLOHY (MHV, MSA)

Pro stanovení jasů noční oblohy se používá jednak metoda určení tzv. *mezí hvězdné velikosti* (MHV), která představuje hvězdnou velikost v magnitudách, kterou jsme schopni rozeznat vlastníma očima na daném výseku oblohy. Tato hodnota je ovšem velmi subjektivní, neboť při jejím stanovení velmi záleží na zrakových schopnostech pozorovatele a na jeho zkušenosti s pozorováním. Pro určení MHV je potřeba si zapamatovat (zakreslit) polohu nejslabší hvězdy poblíž zenitu a zjištěním její hvězdné velikosti pozorovatel určí jas oblohy. Podle svých mnohaletých zkušeností s pozorováním mezí hvězdné velikosti v zenitu John E. Bortle vytvořil a v roce 2001 zveřejnil v časopisu *Sky and telescope* svou stupnici jasů oblohy (viz Příloha 1), která by měla amatérským astronomům pomoci při určování jasů oblohy (Bortle 2001).

Pro objektivnější stanovení jasů noční oblohy se používá měření jasů pomocí přístrojů, tzv. jasoměrů. Přístroj, použitý také v praktické části této práce – Sky Quality Meter od kanadské firmy Unihedron, měří jas oblohy v MSA (magnituda na úhlovou čtvereční vteřinu, [mag/arcsec²]). Jedná se o logaritmickou stupnici, proto se i relativně velké změny jasů projeví v malých rozdílech naměřených hodnot. Rozdíl 1 mag/arcsec² odpovídá násobku 100^(1/5) fotonů detekovaných čidlem. To znamená, že jas nebe, který je slabší o 5 mag/arcsec² odpovídá stonásobnému snížení počtu fotonů dopadajících na čidlo (Unihedron 2012).

Předností tohoto přístroje je, že jas měří pouze ve viditelné části spektra (filtrem blokuje infračervené záření), naměřené hodnoty nejsou ovlivněny teplotou a dosahuje přesnosti 0,10 mag/arcsec². Největší citlivosti (HWHM - Half Width Half Maximum) přístroj dosahuje v úhlu 10°, dále od osy citlivost rychle klesá až do úhlu 40°. Přestože se v návodu uvádí, že doba měření může ve velmi tmavých oblastech trvat až 80 s, v praxi se pohybuje jen v jednotkách sekund. Kromě jasů přístroj dokáže změřit a zobrazit i aktuální teplotu (Unihedron 2012). Firma Unihedron vyrábí také podobný přístroj bez směrové optiky, který měří jas v úhlu 120° a lze s ním zjistit jen celkový jas oblohy.

Je vhodné zmínit, že stupnice magnitud je „obrácená“ – čím jednotky MSA [mag/arcsec²] nabývají nižších hodnot, tím je obloha světlejší. V práci se dále používá slovní vyjádření zvýšení/snížení jasů oblohy. Zvýšení jasů oblohy (přesvětlená obloha) tedy znamená nižší hodnotu MSA (např. 17 – 19 mag/arcsec²), zatímco snížení jasů oblohy (tmavá obloha) znamená vyšší hodnotu MSA (např. 19 – 21 mag/arcsec²).



Obr. 25: Sky Quality Meter – jasoměr firmy Unihedron
Zdroj: autor

Hodnoty naměřené přístrojem a vyjádřené v $[\text{mag}/\text{arcsec}^2]$ lze přepočítat na jednotky $[\text{cd}/\text{m}^2]$ podle tohoto vzorce: $[\text{cd}/\text{m}^2] = 10,8 \times 10^4 \times 10^{(-0,4 \times [\text{mag}/\text{arcsec}^2])}$ Na internetové adrese <http://unihedron.com/projects/darksky/magconv.php> je možné hodnoty z přístroje automaticky přepočítat a jsou tam uvedeny i formulace pro přepočet v Excelu. Pro orientační představu uvádím převodní tabulku (int. cit. Sky Quality Meter) [15]

$[\text{mag}/\text{arcsec}^2]$	$[\text{cd}/\text{m}^2]$
14	$2,713 \times 10^{-1}$
15	$1,080 \times 10^{-1}$
16	$4,300 \times 10^{-2}$
17	$1,712 \times 10^{-2}$
18	$6,814 \times 10^{-3}$
19	$2,713 \times 10^{-3}$
20	$1,080 \times 10^{-3}$
21	$4,300 \times 10^{-4}$

Tab. 2: převod jednotek $[\text{mag}/\text{arcsec}^2]$ na $[\text{cd}/\text{m}^2]$

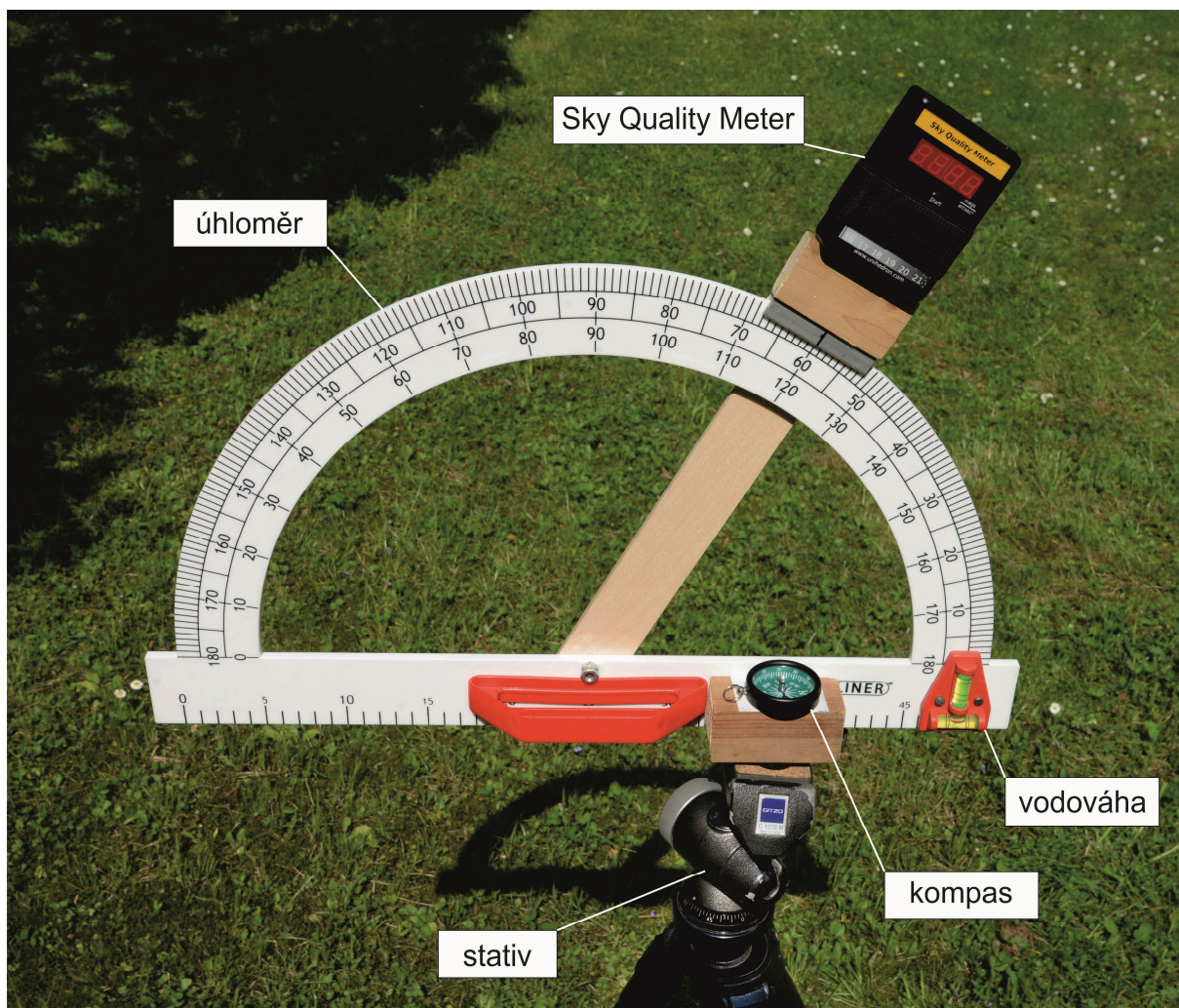
11. VÝZKUMNÁ ČÁST PRÁCE

Výzkumný záměr bakalářské práce spočívá v měření hodnot jasu noční oblohy na vybraných místech mezi Prahou a Kladnem. Předmětem diskuze je prezentace výsledků naměřených hodnot a okomentování příčin hodnoty jasu na daném místě. Je jistě předpokladatelné, že centrum Prahy bude vyzařovat více světla do ovzduší, než mnohem menší Kladno nebo vesnice mezi oběma městy. Cílem práce je zhodnotit, nakolik se předpoklad potvrdil a jak moc se na jasu oblohy, potažmo světelném znečištění v daném místě měření projeví lokální zdroje světla (např. letiště Václava Havla – Praha, které je přímo na trase měření). Dalšími významnějšími lokálními „narušiteli“ tmavé oblohy mohou být např. rychlostní silnice R7, která je v blízkosti Prahy osvětlena lampami, okolní obce a průmyslové areály v okolí Kladna. Výstupem práce je graf závislosti jasu oblohy na vzdálenosti od centra Prahy (Václavského náměstí), vytvořený z naměřených hodnot jasu. Dalším výstupem jsou směrové grafy jasů pro vybraná místa měření a zhodnocení metody směrového měření provedených pomocí svépomocně sestrojené měřicí aparatury (viz níže).

11.1 Způsob měření

Vzhledem k tomu, že SQM-L je přístroj se směrovou optikou (jas měří jen v relativně malém úhlu), je jeho použití vhodnější pro měření jasu do různých světových stran v různých úhlech, než pro měření celkového jasu oblohy v jednom zenitním měření. Pro přesné vyhodnocení odchylek jasu oblohy v různých směrech a pod různými úhly bylo nutné pro jasoměr sestavit držák, který by umožňoval snadné a při tom přesné nastavení úhlu a azimutu. Řešení s použitím školního úhloměru, kompasu a vodováhy je na obr. 26. Místo měření bylo lokalizováno pomocí GPS přístroje Garmin 60CSx.

Pro směrová měření bylo třeba vybrat místa, která neobsahují jakékoliv rušivé prvky, tedy např. blízké stromy (obecně tmavé siluety), nebo naopak nejrozumnější blízké světelné zdroje. Takových míst, která by všechna kritéria splňovala do všech světových stran, není mnoho, a proto bylo směrové měření prováděno jen na následujících stanovištích: Kladno – město, Netřeby, Lidice, Středokluky, Kněževes – letiště, Šárka a Praha – Letenská pláň. V těchto místech byly splněny podmínky, že nejbližší světlo nesmí být blíže než 100 m od měřicího stanoviště a horizont není významně zastíněný tmavou siluetou. Mezi těmito základními měřicími místy byla vytyčena i doplňková místa s měřením jasu pouze v zenitu.



*Obr. 26: Měřicí aparatura s jejími popsanými částmi
Zdroj: autor*

Zcela zásadní důraz při měření byl kladen na **astronomické a meteorologické podmínky**. Všechna měření byla provedena během bezoblačných a bezměsíčných nocí. Oblaka zejména nad Prahou jsou v noci vlivem odrazu světla emitovaného do ovzduší oranžová a mají samozřejmě zásadní vliv na naměřené hodnoty. Od nich odražené světlo navíc závisí na jejich výšce. Teoreticky by sice bylo možné světelné znečištění zjišťovat i při zatažené obloze, ale musely by se zajistit vždy a všude zcela identické podmínky (stejná výška a hustota mraků), což je prakticky neproveditelné. V případě měsíce jde zejména o to, aby od něho přicházející světlo nebylo v měřícím úhlu přístroje. I kdyby tomu ale tak nebylo, měsíční světlo odražené od zemského povrchu by naměřené hodnoty také ovlivnilo. Proto jedinou možností je bezměsíčná noc. Během měření se také dbalo na to, aby byl zcela eliminován vliv slunečního světla; proto byla všechna měření prováděna až po astronomickém soumraku, kdy Slunce je již více než 18° pod obzorem.

Na konkrétních hodnotách jasu oblohy se samozřejmě mohou projevit i lokální meteorologické jevy, jako je např. déšť, mlha, vlhkost ale také prašnost prostředí nebo smog. Byl kladen důraz na to,

aby se takovýmto nežádoucím situacím zabránilo a proto v těchto zkrslujících podmínkách nebylo měření prováděno. Nicméně např. hodnoty vzdušné vlhkosti, které se mohou v různé dny lišit, nebyly zjišťovány, a v konečném stanovení jasů se nijak nezohledňovaly.

11.2 Metodika měření

V rámci této bakalářské práce byly a) zjišťovány hodnoty jasů noční oblohy v zenitu. Na všech místech bylo vždy naměřeno pět hodnot, ze kterých byly vyřazeny extrémní hodnoty, a ze zbylých tří dat byl vypočítán aritmetický průměr. S výslednou hodnotou se v práci dále pracuje. Dále byly b) zjišťovány hodnoty jasů na světových stranách (na vybraných stanovištích). Díky těmto směrovým měřením můžeme lépe pochopit, odkud jas přichází a kterým směrem se nachází největší znečišťovatel (ať už lokální nebo regionální), který může výrazně ovlivňovat jas nočního nebe. Měřilo se do osmi světových stran pod úhly 20° , 30° , 40° , 50° a 60° . Stejně jako při měření zenitu bylo v každém směru naměřeno pět hodnot, z nichž byly dvě extrémní hodnoty vyřazeny, a ze zbylých tří byl vypočítán aritmetický průměr. Záměrem měření pod celkem pěti různými výškovými úhly bylo zjistit, jak se jas oblohy bude měnit nejen podle směru, ale i pod rozdílným úhlem ve stejné směrové orientaci. Z vizuálních pozorování můžeme říci, že nejsvětlejší nebe je těsně nad horizontem (to by odpovídalo zhruba 20°), nicméně toto měření pod takto malým úhlem je poměrně komplikované kvůli potřebě nalezení nezastíněného stanoviště s dalekým otevřeným prostorem. Jak se z výsledků měření ukázalo, měření pod 30° již poměrně dobře eliminuje rušivé přízemní jevy a ještě relativně dobře zaznamená jas nad horizontem; stejně tak měření pod 40° . Čím větší je měřicí úhel (blíže k zenitu), tím se hodnoty jasů mění v různých směrech méně (již není tak výrazná směrová lokalizace světelného zdroje). Měření jasů pod vyšším úhlem než 60° již nemá prakticky žádnou výzkumnou hodnotu, neboť je již téměř totožné s hodnotou jasů v zenitu. Jak bylo řečeno, pro směrovou lokalizaci světelných rušivých zdrojů se nejlépe osvědčilo měření pod úhly 30° – 40° . Pro lepší názornost jsem se rozhodl většinu míst komentovat s ohledem na směrová měření pod úhlem 30° . Všechny naměřené hodnoty ve všech směrech pod zmíněnými úhly jsou uvedeny v tabulkách (viz Příloha 5), které obsahuje příloha práce společně s přehlednými směrovými grafy (viz Příloha 6).

11.3 Místa měření – popis a hodnocení

Pro vlastní měření bylo vybráno hlavních 7 míst mezi Prahou a Kladnem, na nichž bylo prováděno měření jasů oblohy do zenitu i do všech osmi světových stran. Mezi těmito místy bylo pak měření doplněno pouze o zenitová měření. Detailní popis hlavních měřicích míst je uveden níže, grafy se směrovými hodnotami, tabulky s naměřenými hodnotami a přehledná mapa měřicích míst je obsažena v příloze.

Kladno

Pro měření bylo vybráno místo na okraji bývalého průmyslového areálu, téměř v centru Kladna. V zenitu byla zjištěna průměrná hodnota $19,15 \text{ mag/arcsec}^2$, což odpovídá městsky přesvětlené obloze. Měření pod úhlem 20° může vykazovat zkreslení relativní blízkostí pouličního osvětlení. Při měření do stran se hodnoty víceméně významně neliší, zřejmě proto, že oblast měření je téměř uprostřed města a záře světla emitovaná do oblohy je víceméně rovnoměrně rozprostřená kolem místa pozorování. (Podobný případ jako měření v centru Prahy na Letenské pláni.) Nepatrně větší záře byla naměřena ze směrů západ, jihozápad a jih, což dobře odpovídá směru, kterým je centrum Kladna.

Netřeby

Měření zde probíhalo na poli mezi obcí Netřeby a kladenským sídlištěm Kročehlavy. Obzor nebyl významněji rušen ani siluetami stromů v blízkosti, ani silnými světelnými zdroji. Z měření byla zjištěna hodnota v zenitu $20,11 \text{ mag/arcsec}^2$, což odpovídá světelnému znečištění v poměrně malé vzdálenosti od města. Ze směrových hodnocení bych uvedl nižší hodnoty na západě, ($30^\circ - 19,02 \text{ mag/arcsec}^2$, $40^\circ - 19,18 \text{ mag/arcsec}^2$). Vyšší jas oblohy v západním směru je jistě způsoben blízkostí sídliště v Kročehlavech, kde je vysoká koncentrace lamp a před sídlištěm se nachází nákupní centrum Oáza s velmi ozářeným parkovištěm (viz obr. 27). Pod velmi nízkým úhlem měření (20°) byla naměřena v severovýchodním směru hodnota $18,46 \text{ mag/arcsec}^2$. Ta je dána přítomností průmyslového areálu, jehož prostor je přes noc osvětlen velmi silnými reflektory. Vliv záře emitované Prahou (na východě a jihovýchodě) ještě není tak značný, noční oblohu zde výrazněji ovlivňuje záře blízkého Kladna. Největší tma byla naměřena v jižním směru ($30^\circ - 19,53 \text{ mag/arcsec}^2$, $40^\circ - 19,68 \text{ mag/arcsec}^2$), kde není žádný významný znečišťovatel.



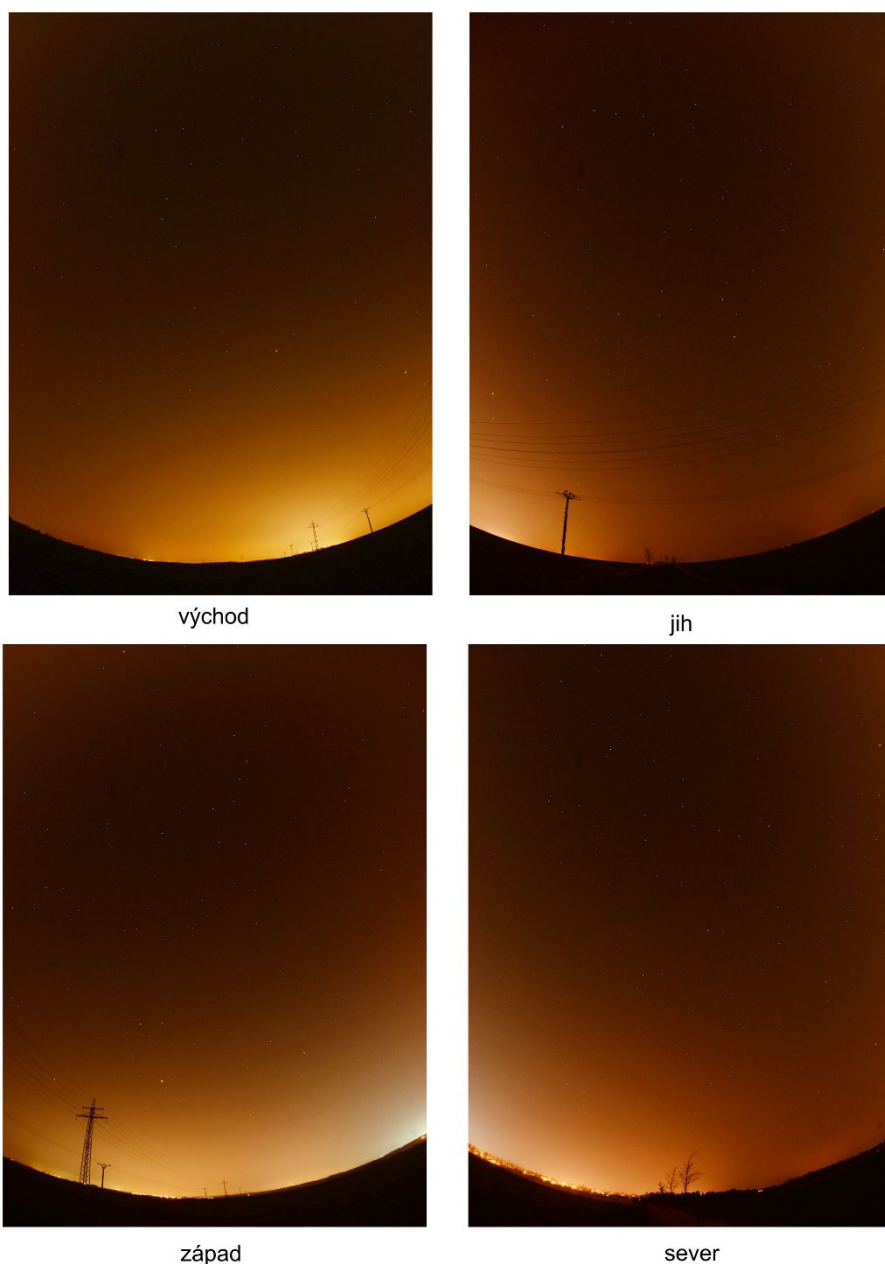
*Obr. 27: Nákupní centrum Oáza na sídlišti Kročehlavy
Zdroj: autor*



*Obr. 28: Průmyslová zóna
u Kladna
Zdroj: autor*

Lidice

Toto měření bylo prováděno z návrší nad Lidicemi, z hlediska měření v dokonalé lokalitě bez rušivých prvků. Z naměřených hodnot můžeme vyčíst, jak zdejší oblohu ovlivňují dvě města – Kladno a Praha, a to velmi podobně, spolu s blízkými obcemi. Nejvyšší hodnoty jasu byly zaznamenány ve směru SZ ($30^\circ - 18,67 \text{ mag/arcsec}^2$) – směr na Kladno s lokálními znečišťovateli – obcemi Lidice a Hřebeč, a ve směru JV ($30^\circ - 18,53 \text{ mag/arcsec}^2$) – směr na Prahu s obcemi Středokluky a Kněžves. Čím je úhel měření blíže zenitu, tím se rozdíly v jasu v různých směrech snižují. Zenit má hodnotu $20,03 \text{ mag/arcsec}^2$, která zhruba odpovídá světlejší příměstské obloze. Nejvyšší hodnoty vykazují směry SV ($30^\circ - 19,37 \text{ mag/arcsec}^2$) a JZ ($30^\circ - 19,25 \text{ mag/arcsec}^2$).



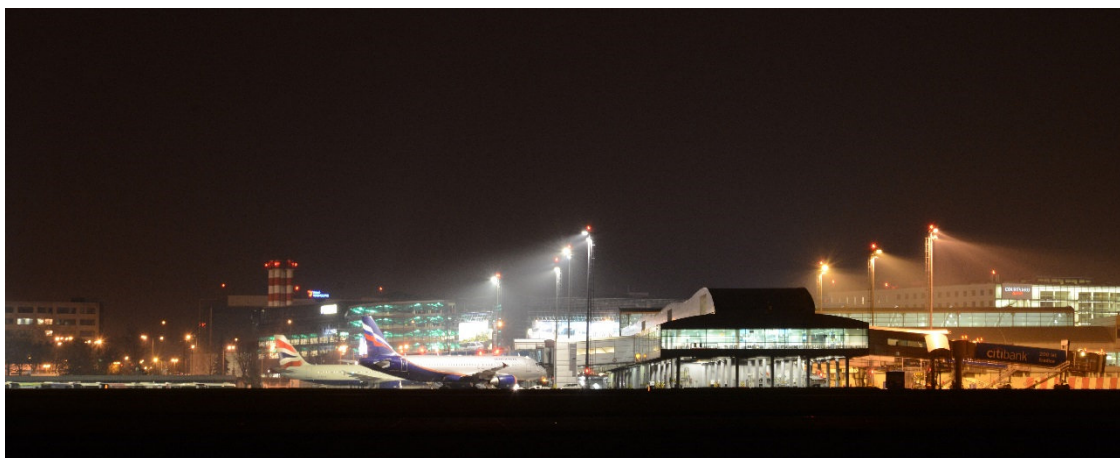
Obr 29: Směrové fotografie z měřicího místa Lidice, v jednotlivých směrech jsou dobře patrní lokální znečišťovatelé. Zdroj: autor

Středokluky

Měření poblíž obce Středokluky probíhalo na polní cestě za obcí, kde byly také velmi příznivé podmínky. Nejvyšší jas přichází ze směrů jih až východ, J ($30^\circ - 18,90 \text{ mag/arcsec}^2$), JV ($30^\circ - 18,69 \text{ mag/arcsec}^2$) V ($30^\circ - 18,48 \text{ mag/arcsec}^2$). Ve výše uvedených směrech je jasně patrná přítomnost Prahy jako velkoměsta, které citelně světelně znečišťuje ovzduší i ve svém přilehlém okolí. Ve směru SZ se ještě projevuje přítomnost Kladna a přilehlých obcí, ale oproti Praze jen velmi nepatrně. Hodnota jasu v zenitu je $20,14 \text{ mag/arcsec}^2$.

Kněževes – letiště

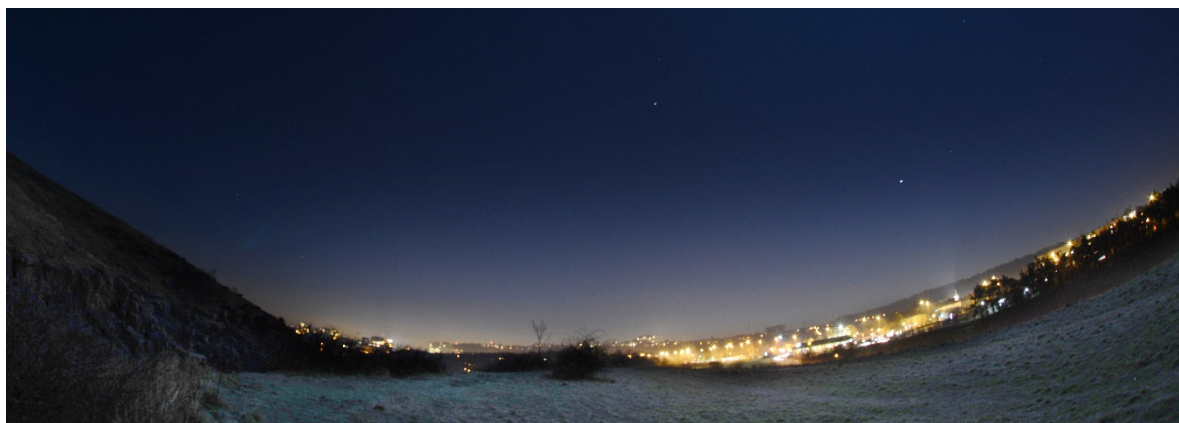
Měření probíhalo na vyhlídkové plošině na severní straně letiště nedaleko obce Kněževes. Vzhledem k velmi blízkému letišti jsou všechny hodnoty jasu mnohem vyšší, než v obcích za letištěm. Letiště způsobuje i vyšší hodnotu jasu v zenitu $18,63 \text{ mag/arcsec}^2$. Hodnoty pro všechny směry jsou nižší, nejvíce vybočuje jih ($30^\circ - 16,40 \text{ mag/arcsec}^2$). Na jihu je v bezprostřední blízkosti letištní přistávací dráha. Dále jsou vysoké hodnoty ve směrech východ ($30^\circ - 17,14 \text{ mag/arcsec}^2$), kde se opět projevuje vliv osvětleného letiště a Prahy, stejně jako ve směru jihovýchod ($30^\circ - 17,63 \text{ mag/arcsec}^2$). Zajímavým lokálním znečišťovatelem je v noci osvětlený průmyslový areál na JZ ($30^\circ - 17,16 \text{ mag/arcsec}^2$). Pozorovací místo u letiště je velmi dobrým příkladem, jak jeden velký zdroj světla může ovlivnit jas celé oblohy do všech směrů, nicméně je nutné poznamenat, že hodnota zenitu u letiště ($18,63 \text{ mag/arcsec}^2$) nedosahuje zdaleka takových hodnot, jako zenitní hodnoty měření prováděné v oblasti centra Prahy. Lze tedy konstatovat, že ačkoli bylo letiště považováno za velmi silného lokálního znečišťovatele, tato domněnka se potvrdila jen z části. Na jednu stranu samozřejmě letiště světlo emituje, na druhou stranu by se dalo na příkladu letiště demonstrovat dobré směrové osvětlení potřebné plochy. Jak se vidět i na obr. 30, lampy osvětlující ranveje letiště a místo stání letadel svítí pouze pod sebe, neemitují žádné světlo pod malými úhly nad vertikální směr, protože z hlediska bezpečnosti není možné, aby byli piloti při přistávání letadel jakkoli oslňováni.



*Obr. 30: Letiště Václava Havla – Praha
Zdroj: autor*

Šárka

Měření na tomto stanovišti bylo prováděno z hradiště Dolní Liboc, nejvyššího místa přírodní rezervace Divoká Šárka. Praha je z tohoto místa orientována na jih a i hodnoty měření této skutečnosti velmi dobře odpovídají. Jas oblohy v zenitu má hodnotu $19,01 \text{ mag/arcsec}^2$, což odpovídá jasu městské/příměstské oblohy. Nejvyšší jas je tedy ve směrech od západu přes jih k východu. Západ ovlivňuje přítomnost letiště Václava Havla ($30^\circ - 17,16 \text{ mag/arcsec}^2$), ostatní směry, které jsou více zasaženy světelným znečištěním, ovlivňuje Praha (zejména světlo emitované pouličním osvětlením v přilehlých čtvrtích), hlavním světelným znečišťovatelem se zdá (hlavně pod úhlem 20°) osvětlení ulice Evropská. Naopak menší jas vykazují hodnoty severních směrů ($30^\circ - 18,86 \text{ mag/arcsec}^2$), které v porovnání s jižním směrem ($30^\circ - 17,53 \text{ mag/arcsec}^2$) se liší o více jak jednu celou jednotku. Z tohoto pozorovacího stanoviště byly pořízeny fotografie dokumentující světelné emise nad Prahou (obr. 31).



*Obr. 31: Pohled na Prahu z Divoké Šárky
Zdroj: autor*

Letenská pláň

Na pozorovacím místě Letenská pláň bylo provedeno jediné pražské směrové měření, neboť najít dobrá stanoviště uprostřed velkoměsta je dosti obtížné. Na místě bývalého Stalinova pomníku jsou pro měření poměrně vhodné podmínky; zvláště jsem ocenil absenci lamp, kterých je jinak v Letenských sádkách velké množství. Hodnota v zenitu byla naměřena $17,96 \text{ mag/arcsec}^2$. Takovýto jas oblohy je již ve větších městech typický, nicméně Bortleyova stupnice jasu uvádí pro velkoměsto hodnoty ještě nižší ($< 17,5 \text{ mag/arcsec}^2$). Lze předpokládat, že v centru Prahy by takovéto hodnoty jas oblohy v zenitu také nabyl. Vzhledem k tomu, že zenitní jas oblohy nad Riegrovými sady byl $17,55 \text{ mag/arcsec}^2$, je celkem jisté, že např. na Václavském náměstí, kde vzhledem k pouličním lampám nebylo možné měření provést, budou hodnoty ještě nižší (jas větší). Směrová hodnocení z Letenské pláně vykazují nejvyšší jas, celkem pochopitelně, v jižních směrech (J v $30^\circ - 16,08 \text{ mag/arcsec}^2$). To je způsobeno centrem Prahy. Při pozorování z Letenských sadů můžeme i pouhým vizuálním

pozorováním zaznamenat mnoho světelných znečišťovatelů. Každého jistě zaujme velmi silný reflektor osvětlující čelní stranu Rudolfinu a mnoho ostatních památek je na tom obdobně (Týnský chrám, Památník na Vítkově, kostel sv. Mikoláše na Malé Straně, aj.) – (viz Příloha 2).



*Obr 32: Rudolfinum osvětlené velmi silným reflektorem
Zdroj: autor*

Na tomto stanovišti se dá pozorovat jedna zajímavost, která se u žádného z předešlých měření nevyskytla, a to, že obloha v severním směru pod velkým úhlem (např. 60°) je tmavší než v zenitu. Tato skutečnost ovšem není zas tak překvapivá, když uvažíme pozici měření v blízkosti centra Prahy.

Dílčí měření

Kromě těchto hlavních směrových měření byla provedena tzv. dílčí měření pro lepší názornost a validitu grafu změny jasu oblohy v daném transektu Praha – Kladno. Na těchto doplňkových stanovištích byla zjištěna jen hodnota jasu v zenitu, neboť měření do stran bylo rušeno světly nebo tmavými siluetami. Navíc vzhledem k již velmi malým vzdálenostem mezi jednotlivými měřícími místy by směrové grafy byly pravděpodobně dosti podobné grafům ze sousedních měření. V centru Prahy byla tato měření uskutečněna na Petříně, v Riegrových sadech a v parku Parukářka na Žižkově. Data z dílčích měření jsou také uvedena v tabulce (viz Příloha 6).

11.4 Diskuze

Díky terénnímu výzkumu, spočívajícímu v měření jasů oblohy v předem definovaném transektu Praha–Kladno, je možné celkem objektivně říct, že původní předpoklad o hodnotách jasů oblohy byl správný. Světelné znečištění nad Prahou je značné, čemuž dobře odpovídá zenitový jas oblohy v Riegrových sadech (nejbližší místo měření k Václavskému náměstí) $17,55 \text{ mag/arcsec}^2$. Dá se předpokládat, že jas na Václavském náměstí bude dosahovat hodnot pod $17,5 \text{ mag/arcsec}^2$ a bude tedy odpovídat na Bortleyově stupnici jasů oblohy vnitřní městské obloze. Další zenitové hodnoty naměřené v oblasti okolo centra Prahy jsou: $17,96 \text{ mag/arcsec}^2$ (Praha – Letenská pláň), $18,27 \text{ mag/arcsec}^2$ (Petrín) a rovněž $18,27 \text{ mag/arcsec}^2$ (Parukářka), směrem k okraji Prahy hodnoty jasů stoupají (jas slábne): $19,11 \text{ mag/arcsec}^2$ (Střešovice), $19,16 \text{ mag/arcsec}^2$ (Břevnov) a $19,01 \text{ mag/arcsec}^2$ (Šárka).

V kontextu měření jasů oblohy v centru města bych rád zmínil výzkum Igora Žiberny ze Slovinska, který měřil jas oblohy v Mariboru. Vzhledem k tomu, že toto město je asi 10x menší než Praha, dá se předpokládat, že celkový jas oblohy bude v jeho centru nižší a jeho emise světla nebudou mít na světelné znečištění v jeho příměstském okolí takový vliv. Nicméně Maribor je ve Slovinsku jedním z nejvíce světelně znečištěných měst (Žibera 2012). Podle výzkumu Žiberny v centrální oblasti Mariboru jas oblohy nestoupá nad 16 mag/arcsec^2 , to znamená, že je ještě o více jak $1,5 \text{ mag/arcsec}^2$ nižší než v Riegrových sadech v Praze; v okolí Mariboru nedosahuje jas oblohy vyššího čísla než 20 mag/arcsec^2 (Žibera 2012). V příměstských obcích Prahy jas oblohy dosahuje hodnot také kolem 20 mag/arcsec^2 (např. obec Středokluky u Prahy – $20,10 \text{ mag/arcsec}^2$). Stejně tak jako v obci Středokluky, tak i na dalších místech měření mezi Prahou a Kladnem, dosahují hodnoty podobných čísel kolem 20 mag/arcsec^2 (Lidice $20,03 \text{ mag/arcsec}^2$, Hřebeč $19,94 \text{ mag/arcsec}^2$, Netřeby $20,11 \text{ mag/arcsec}^2$). „Kvalita“ tmy v této oblasti odpovídá na Bortleyově škále kategorii světlá příměstská obloha.

Při hodnocení hodnot MSA na venkově a menších městech bych zmínil bakalářskou práci Kláry Vojtěchovské, která prováděla měření jasů oblohy v okolí města Mělník. Podle této práce je průměrná hodnota jasů oblohy v Mělníku $20,27 \text{ mag/arcsec}^2$ (Vojtěchovská 2014), což představuje hodnotu srovnatelnou s obcemi v zázemí Prahy. Nicméně v centru Mělníka byla naměřena nejnižší hodnota jasů $17,32 \text{ mag/arcsec}^2$ (Vojtěchovská 2014). Jedná se o ulici Fibichova, kde, jak autorka píše, je řada zdrojů světla, které měření jistě ovlivňovaly.

Zajímavým lokálním světelným znečišťovatelem se ukázalo letiště Václava Havla – Praha, u něhož byla také provedena měření. Měření na jeho východním okraji nabývá hodnot $18,72 \text{ mag/arcsec}^2$ a na jeho severozápadním okraji $18,63 \text{ mag/arcsec}^2$. Z hodnot je jasné patrné, že letiště přispívá ke světelnému znečištění v této oblasti, nicméně předpoklad emitovaného jasů byl vyšší. Při bližší analýze je možné konstatovat, že i když letiště samo o sobě dost svítí, zejména díky nasvětlení

ranvejí, stání letadel i díky samotnému terminálu, který má skleněné stěny a tudíž světlo září ven na všechny strany, na zenitních hodnotách jasu se nepodílí v takové míře, neboť lampy, které jsou na letišti instalované, jsou velmi dobře cloněné, aby neoslňovali piloty přistávajících letadel (nesvítí nahoru, pouze dolů pod sebe) a tudíž nepřispívají celkově tolik k světelnému znečištění.

Hodnota jasu oblohy naměřená v Kladně dosáhla hodnoty $19,15 \text{ mag/arcsec}^2$; to odpovídá na Bortleově stupnici kategorii příměstské/městské oblohy. Tato hodnota je relativně vysoká (obloha je zde na město s téměř 70 000 obyvateli poměrně tmavá), ovšem hodnoty by byly jistě jiné, kdyby měření probíhalo přímo na náměstí a v ulicích, kde by ovšem bylo měření velmi pravděpodobně zkresleno blízkými světelnými zdroji.

Co se týče zhodnocení směrových hodnot jasu oblohy, je patrné, že měření pod úhlem 20° může vykazovat nepřesnosti díky přítomnosti rušivých světél nebo černých siluet, které jsou v zorném úhlu měřicího přístroje. Proto je také jejich variabilita v rámci jednotlivých měření vyšší, než variabilita měření pod vyššími úhly. Nejvhodnější je hodnotit směr přicházejícího jasu pod úhly $30^\circ - 40^\circ$, neboť při takovém sklonu je již méně překážejících objektů při měření a zároveň sklon dobře vypovídá o směru (měření není prováděno ještě příliš vysoko nad horizontem). Dále, čím větší je měřicí úhel (blíže k zenitu), tím hodnoty v různých směrech dosahují podobnějších hodnot. Proto měření končí u 60° , neboť hodnoty jasu oblohy pod měřicími úhly 70° nebo 80° by byly téměř totožné s hodnotou naměřenou v zenitu.

12. ZÁVĚR

Výsledná práce v rešeršní (teoretické) části shrnuje základní poznatky o environmentálním problému světelného znečištění. Pojednává o fyzikální podstatě světla a jeho rozptylu na molekulách různých velikostí, poskytuje základní přehled o současných zdrojích světla a jejich vlivu na světelné znečištění. Zabývá se příčinami světelného znečištění a nastiňuje možnosti jeho snížení. V neposlední řadě shrnuje možné důsledky jeho vlivu na živé organismy, včetně člověka. Dále se zmiňuje o způsobech ochrany tmy zakládáním speciálních rezervací. Zabývá se i současným mapováním světelného znečištění a zhodnocuje jeho míru v Evropě a v ČR.

Praktická část práce byla vypracována na základě dat z terénního měření jasu oblohy na vybraných stanovištích mezi centrem Prahy a Kladnem. Ze sedmi měřících míst byly přístrojem SQM – L naměřeny hodnoty jasu oblohy směrem k zenitu a do osmi základních světových směrů. Mezi těmito místy byla provedena měření pouze zenitní hodnoty jasu oblohy pro doplnění dat do výsledného grafu, který je výstupem práce.

Výsledky výzkumu jasně potvrzují předpoklad, že na vymezené trase Praha–Kladno bude největším světelným znečišťovatelem centrum Prahy, v omezené míře letiště Václava Havla Praha a centrum Kladna. Na měřená data mezi těmito hlavními světelnými znečišťovateli mají také vliv lokální znečišťovatelé: obce v okolí, průmyslové areály, osvětlené silnice, apod. Vliv lokálního zdroje se zvětšuje s klesající vzdáleností od místa měření, ale velké světelné zdroje září do širokého okolí.

Za hlavní přínos této práce se dá pokládat sběr relevantních dat o jasu oblohy v definovaném úseku a zhodnocení znečišťujícího vlivu lokálních zdrojů světla. Dále sestrojení grafu závislosti jasu oblohy na vzdálenosti od centra Prahy (největšího světelného znečišťovatele) a vytvoření směrových grafů světelného znečištění, podle kterých se dá přehledně a jednoduše určit směr nejsilněji dopadajícího jasu a dá se z nich tedy určit kteří lokální i regionální znečišťovatelé dané místo narušují.

Tato práce může poskytnout základ pro další výzkumné projekty podobného směru, neboť aktivit zaměřených na cílený monitoring jasu oblohy a potažmo světelného znečištění zatím u nás moc není. Mohla by také přispět k pochopení problematiky světelného znečištění především laickou veřejností a poskytnout základní informace o problému, který zatím není všeobecně rozšířený v povědomí lidí.

13. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- BORTLE E., John (2001). *Introducing the Bortle Dark-Sky Scale*, Sky a telescope, vol. 101, str. 126-137.
dostupné z: www.skyandtelescope.com/astronomy-resources/the-bortle-dark-sky-scale/ [15. 5. 2014]
- CHANEY, Wiliam (2002): *Does night lighting harm trees?* West Lafayette, Purdue University, Forestry and Natural Resources, edice FNR-FAQ, 17-W
dostupné z: www.physics.fau.edu/observatory/lightpol-Plants.html#LAN_on_Trees [15. 5. 2014]
- CINZANO, Pierantonio (2001). *The first world atlas of the artificial night sky brightness*, MNRAS vol. 328, no. 3, str. 689-707,
dostupné z: www.lightpollution.it/cinzano/download/0108052.pdf [15. 5. 2014]
- DRAHOŇOVSKÁ, Hana (2004). *Vliv světelného znečištění na veřejné zdraví*. In: *Mapování světelného znečištění a negativní vlivy osvětlování umělým světlem na živou přírodu na území České republiky*. Výzkumná zpráva VaV/740/3/03, str. 116-125
dostupné z: http://amper.ped.muni.cz/noc/zprava_noc.pdf [15. 5. 2014]
- DUNLAP C., Jay (1999): *Molecular Bases for Circadian Clocks*, Cell, vol. 96, no. 2, str. 271-290.
- HABEL, Jiří (2003). *Světlo a osvětlování*. Praha: FCC PUBLIC s. r. o., 2003, 622 s.
- HEILING, Astrid (1999). *Why do nocturnal orb-webs spiders (Araneidae) search for light?* Behavioral ecology and sociobiology, Vol. 46, no. 1, str. 43-49.
- HOLLAN, Jan (2004). *Výzkumný projekt: Mapování světelného znečištění a negativní vlivy osvětlování umělým světlem na živou přírodu na území České republiky*. Brno: Masarykova univerzita, PŘF
dostupné z: http://amper.ped.muni.cz/noc/zprava_noc.pdf [15. 5. 2014]
- HOLLAN, Jan (2011): *Venkovní osvětlení v obcích*. Brno: ZO ČSOP Veronica, 2011, 63 s.
- HUDEK, Karel (2004). *Ptáci a světelné znečištění*. In: *Mapování světelného znečištění a negativní vlivy osvětlování umělým světlem na živou přírodu na území České republiky*. Výzkumná zpráva VaV/740/3/03, str. 114-115
dostupné z: http://amper.ped.muni.cz/noc/zprava_noc.pdf [15. 5. 2014]
- JIZERSKÁ OBLAST TMAVÉ OBLOHY (2009) – tisková zpráva
dostupné z: www.izera-darksky.eu/info/tiskova-zprava.pdf [15. 5. 2014]
- KEMPANAERS, Bart (2010). *Artificial Night Lighting Affects Dawn Song, Extra-Pair Siring Success, and Lay Date in Songbirds*. Current Biology, vol. 20, no. 19, str. 1735-1739.
dostupné z: www.physics.fau.edu/observatory/lightpol-Birds.html [15. 5. 2014]
- KOPÁČEK, Jaroslav. *Jak vzniká počasí*. Vyd. 1. V Praze: Karolinum, 2005, 226 s.
- MATEJČEK, Tomáš (2009): *Světelné znečištění*. Geografické rozhledy, roč. 19, č. 2, str. 12-13,
dostupné z: <http://geography.cz/geograficke-rozhledy/wp-content/uploads/2009/12/12-13.pdf> [15. 5. 2014]
- MATEJČEK, Tomáš: *Životní prostředí*. Vyd. 1. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, Přírodovědecká fakulta, 2012, 98 s.
- MIKULÁŠEK, Zdeněk (2004): *Atmosférická extinkce v letech 1970 – 95 a příčiny světelného znečištění noční oblohy*. In: *Mapování světelného znečištění a negativní vlivy osvětlování umělým světlem na živou přírodu na území České republiky*. Výzkumná zpráva VaV/740/3/03, str. 185-204.

dostupné z: http://amper.ped.muni.cz/noc/zprava_noc.pdf [15. 5. 2014]

MIKUŽ, Herman, ZWITTER, Tomaž (2005): Širjenje umetne svetlobe v atmosferi in vpliv na svetlobno onesnaženje nočnega neba s primeri iz Slovenije. Ljubljana: Univerza v Ljubljani. Katedra matematiky a fiziky.

Zkrácená verze dostupná z: www.temnonebo.org/component/content/article/57 [15. 5. 2014]

MIZON, Bob. *Light pollution: responses and remedies*. New York: Springer, 2002, 216 s.

MONZER, Ladislav (2003): *Osvětlení Prahy: Proměny sedmi století*. 1. vyd. Praha: FCC PUBLIC s. r. o., 224 s.

PERKIN K., Elizabeth (2014): *The effects of artificial lighting on adult aquatic and terrestrial insects*, Freshwater Biology, vol 59, str. 368-377

PODOBORSKÝ, Vladimír (1997). *Dějiny pravěku a rané doby dějinné*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 325 s.

POVOLNÝ, Dalibor (2004). Světelné znečištění tmy z hlediska biologie. In: Mapování světelného znečištění a negativní vlivy osvětlování umělým světlem na živou přírodu na území České republiky. Výzkumná zpráva VaV/740/3/03, str. 106-111,

dostupné z: http://amper.ped.muni.cz/noc/zprava_noc.pdf [15. 5. 2014]

RICH, Catherine LONGCORE, Travis: *Ecological consequences of artificial night lighting*. Washington, DC: Island Press, 2006, 458 s.

SALMON, Michael (2003). *Artificial night lighting and sea turtles*. Biologist, vol. 50, str. 163-168.

SUCHAN, Pavel (2004). Analýza znečišťovatelů světlem na území České republiky. In: Mapování světelného znečištění a negativní vlivy osvětlování umělým světlem na živou přírodu na území České republiky. Výzkumná zpráva VaV/740/3/03, str. 90-97,

dostupné z: http://amper.ped.muni.cz/noc/zprava_noc.pdf [15. 5. 2014]

Uradni list RS, št 81/2007 Uredba o mejnih vrednostih svetlobnega onesnaževanja okolja , Stran 11081. In: Sbíрка zákonů Slovinské republiky.

dostupné z: www.uradni-list.si/1/content?id=82114#!Uredba-o-mejnih-vrednostih-svetlobnega-onesnazevanja-okolja [12. 5. 2014]

Zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší a změně některých dalších zákonů. In: *Sbíрка zákonů České Republiky* 14. 2. 2002.

dostupné z: www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?cz=86&r=2002 [12. 5. 2014]

Zákon č. 92/2004 Sb., kterým se mění zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů (zákon o ochraně ovzduší), ve znění zákona č. 521/2002 Sb. In: *Sbíрка zákonů České Republiky* . 29. 1. 2004.

dostupné z: <http://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?cz=92&r=2004> [12. 5. 2014]

Zákon č 385/2005 Sb., kterým se mění zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů (zákon o ochraně ovzduší), ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbíрка zákonů České Republiky* 19. 8. 2005.

dostupné z: <http://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?cz=385&r=2005> [12. 5. 2014]

Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší. In: *Sbíрка zákonů České Republiky* 2. 5. 2012.

dostupné z: <http://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?cz=201&r=2012> [12. 5. 2014]

VOJTĚCHOVSKA, K. *Míra světelného znečištění v oblasti města Mělníka a jeho okolí*, Ústí nad Labem, 2014. 62 s. Bakalářská práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem. Vedoucí bakalářské práce RNDr. Tomáš Matějček, Ph.D. (odevdáno k obhajobě v květnu 2014).

WALKER F., Merle (1977): The effects of urban lighting on the brightness of the night sky. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, vol 89, no. 529 str. 405-409

UNIHDRON (2012): *Sky quality Meter*, uživatelský manuál k jasoměru SQM – L

ŽIBERNA, Igor (2012): *Svetlobna onesnaženost na širšem območju Maribora*, Maribor: Univerzita v Mariboru.

Internetové citace:

[1] Encyklopedia Britannica, cit. online [17. 4. 2014], dostupné z:
<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/1245295/light-pollution>

[2] AÚ AV ČR, v.v.i., cit. online [17. 4. 2014], dostupné z:
<http://www.asu.cas.cz/svetelne-znecisteni>

[3] IDA, cit. online [18. 2. 2014], dostupné z:
<http://www.darksky.cz/>

[4] Světlo – časopis pro světlo a osvětlování, cit. online [19. 4. 2014], dostupné z:
http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=22854

[5] Světlo – časopis pro osvětlování, cit. online [19. 4. 2014], dostupné z:
<http://www.odbornecasopisy.cz/rusive-svetlo-cast-7-%E2%80%93-mereni-rusiveho-svetla-36147.html>

[6] Výbojky-žárovky, cit. online [23. 4. 2014], převzato z D. Sládek a kolektiv - Elektrotechnická příručka, ČSVTS 1983/1984, dostupné z:
http://www.vybojky-zarovky.cz/vp_rtut.html

[7] Výbojky-žárovky, cit. online [23. 4. 2014], převzato z D. Sládek a kolektiv - Elektrotechnická příručka, ČSVTS 1983/1984, dostupné z:
http://www.vybojky-zarovky.cz/vp_sodik.html

[8] Výbojky-žárovky, cit. online [23. 4. 2014], převzato z D. Sládek a kolektiv - Elektrotechnická příručka, ČSVTS 1983/1984, dostupné z:
http://www.vybojky-zarovky.cz/vp_halogenid.html

[9] AÚ AV ČR, v.v.i., cit. online [25. 4. 2014], dostupné z:
http://www.asu.cas.cz/news/434_reakce-na-prohlaseni-ministra-zivotniho-prostredi-tomase-chalupy/

[10] Světelné znečištění, cit. online [25. 4. 2014], dostupné z:
www.svetelneznecisteni.cz/jak-spravne-svitit/

[11] IDA, cit online [9. 4. 2014], dostupné z:
<http://www.darksky.org/nightskyconservation>

[12] BOTO (Beskydská oblast tmavé oblohy), cit. online [13.4. 2014], dostupné z:
http://www.boto.cz/?page_id=12

[13] Park tmavej oblohy Poloniny, cit online [13. 4. 2014], dostupné z:
<http://poloniny.svetelneznecistenie.sk/park-tmavej-oblohy/>

[14] Light Pollution Science and Technology Institute, cit online [25. 4. 2014], dostupné z:
<http://www.lightpollution.it/worldatlas/pages/fig1.htm>

[15] Sky Quality Meter, cit online [27. 4. 2014], dostupné z:
<http://unihedron.com/projects/darksky/magconv.php>

Seznam příloh:

Příloha 1: Bortleyova stupnice jasů oblohy.....	58
Příloha 2: Ukázky špatného svícení.....	59
Příloha 3: Ukázky dobrého svícení.....	62
Příloha 4: Mapa míst měření a jejich vzdáleností od centra Prahy.....	63
Příloha 5: Tabulky s hodnotami měření jasů oblohy.....	64
Příloha 6: Tabulka s hodnotami jasů pro dílčí zenitová měření.....	71
Příloha 7: Směrové grafy jasů oblohy.....	72
Příloha 8: Graf závislosti hodnot jasů oblohy na vzdálenosti od centra Prahy.....	79
Příloha 9: Noční Praha ze Žižkovské televizní věže.....	80